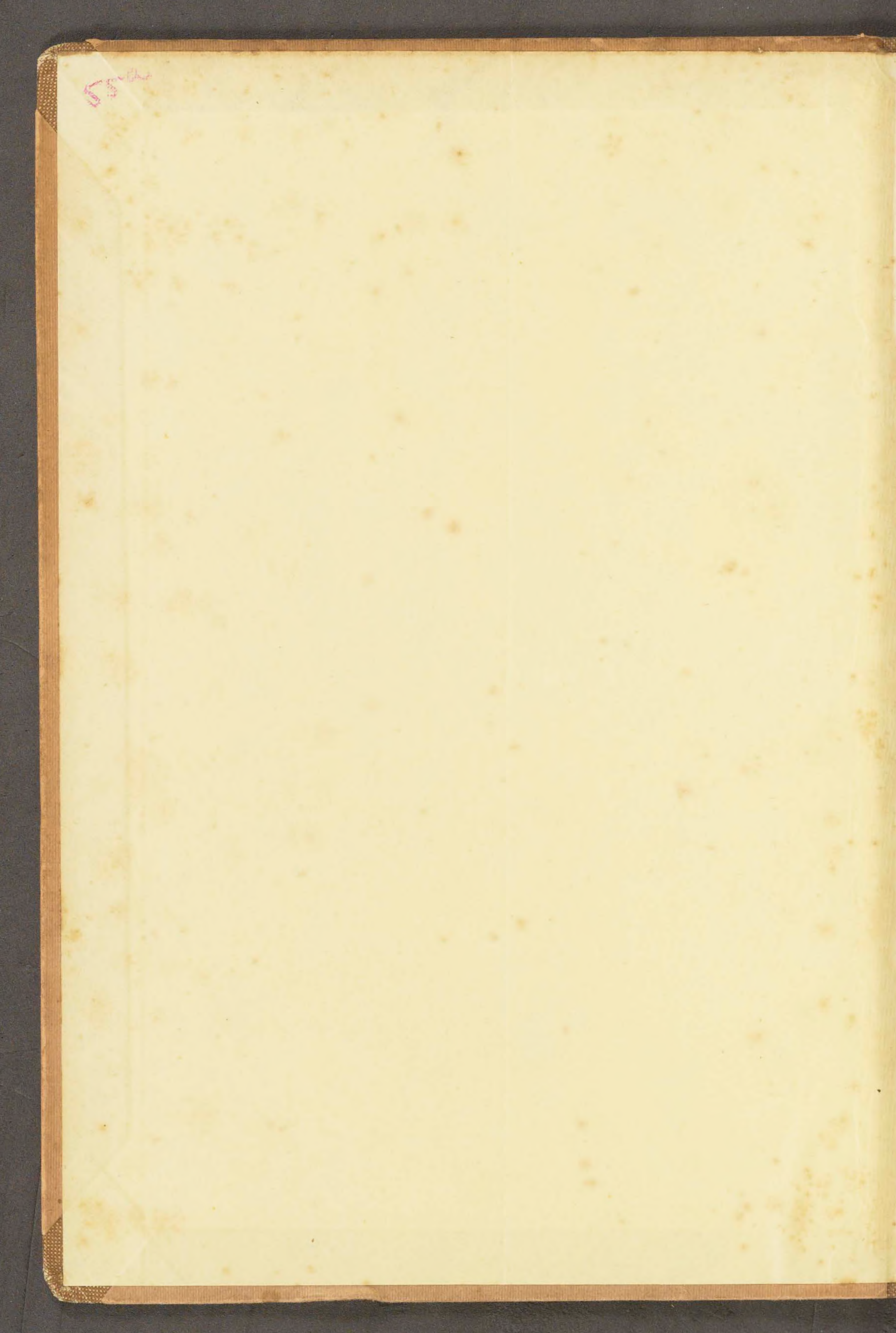
Schmid

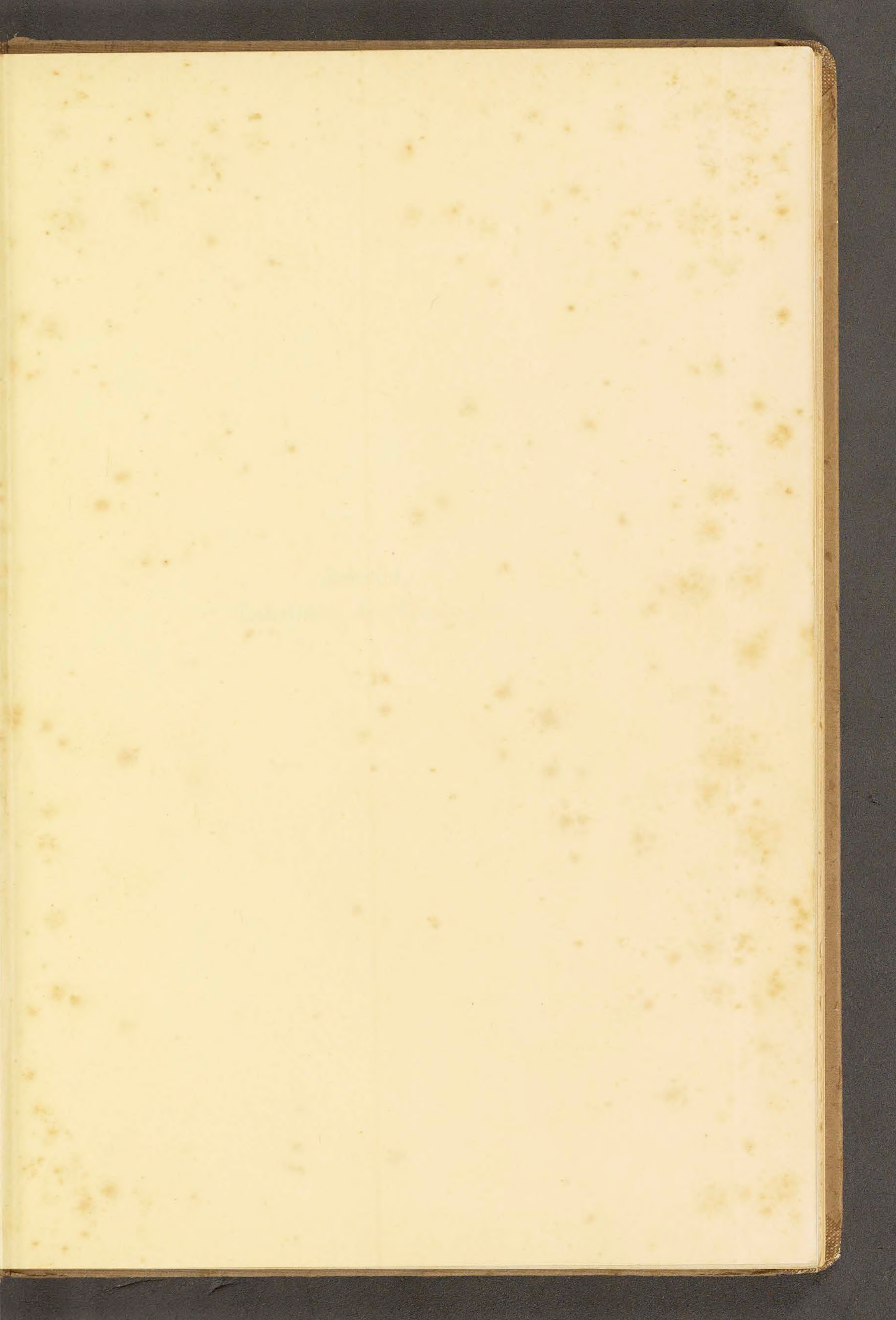
Lehrbuch der Mineralogie und Geologie

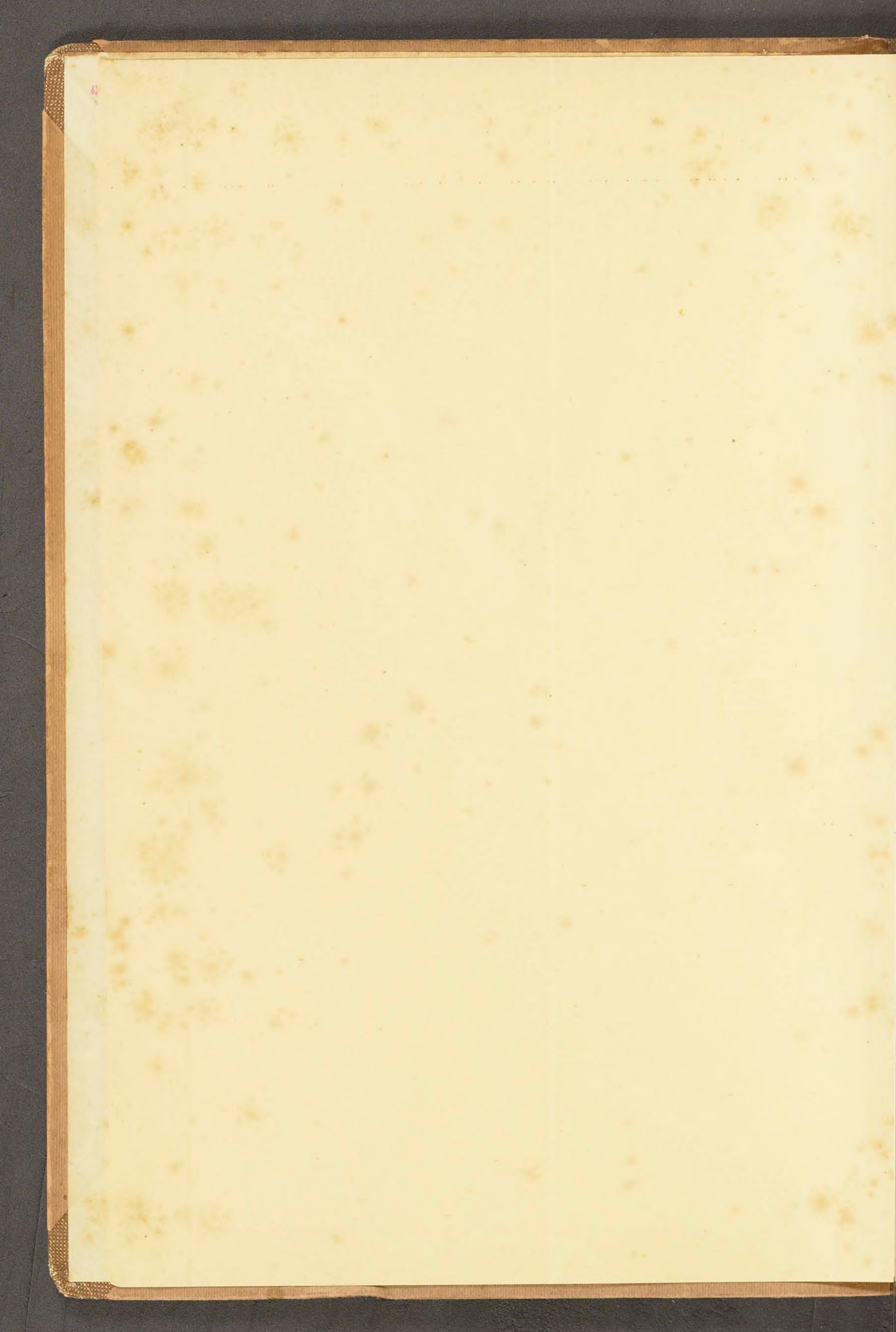
II. Teil: Geologie



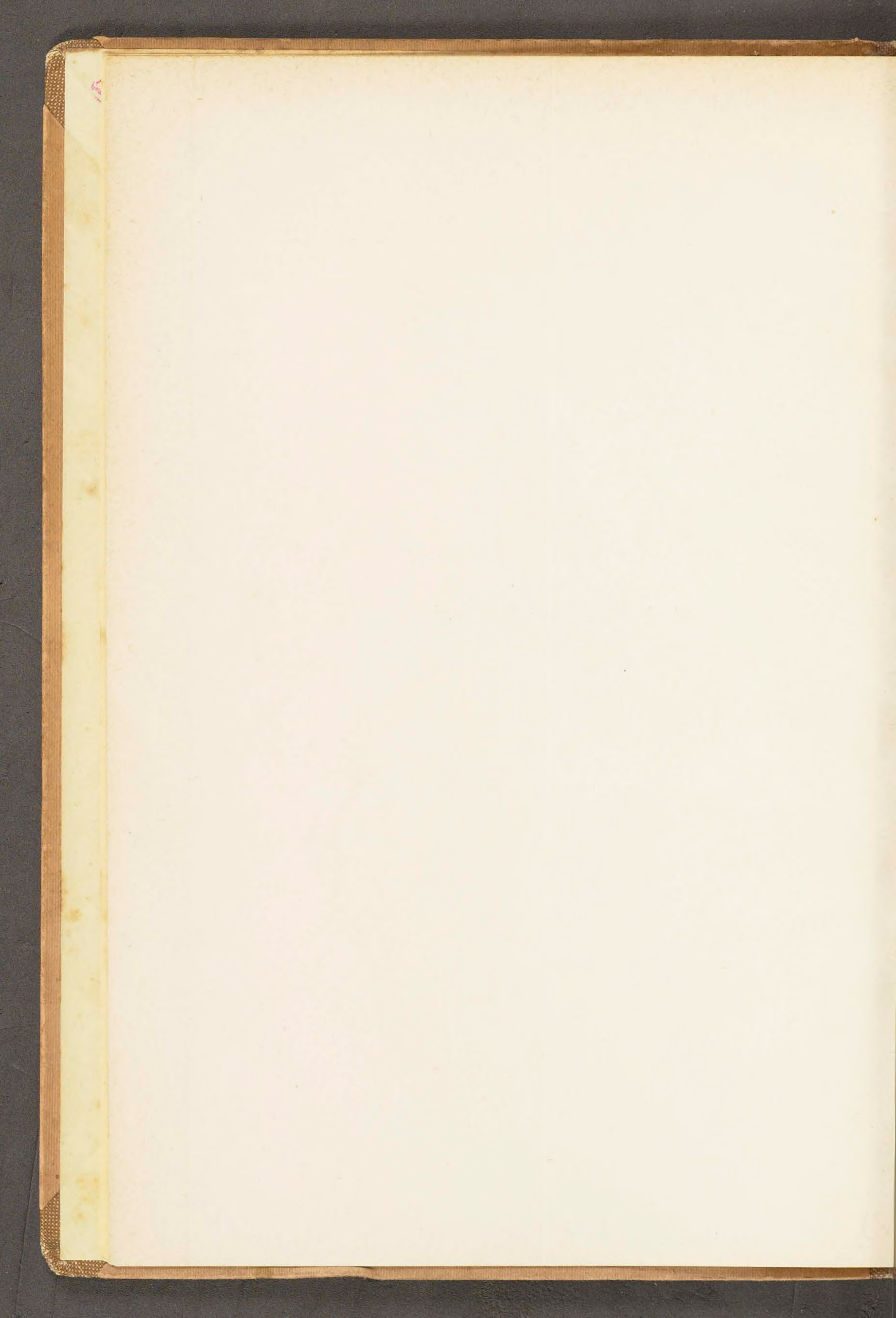
Verlag von J. F. Schreiber in Eßlingen und München

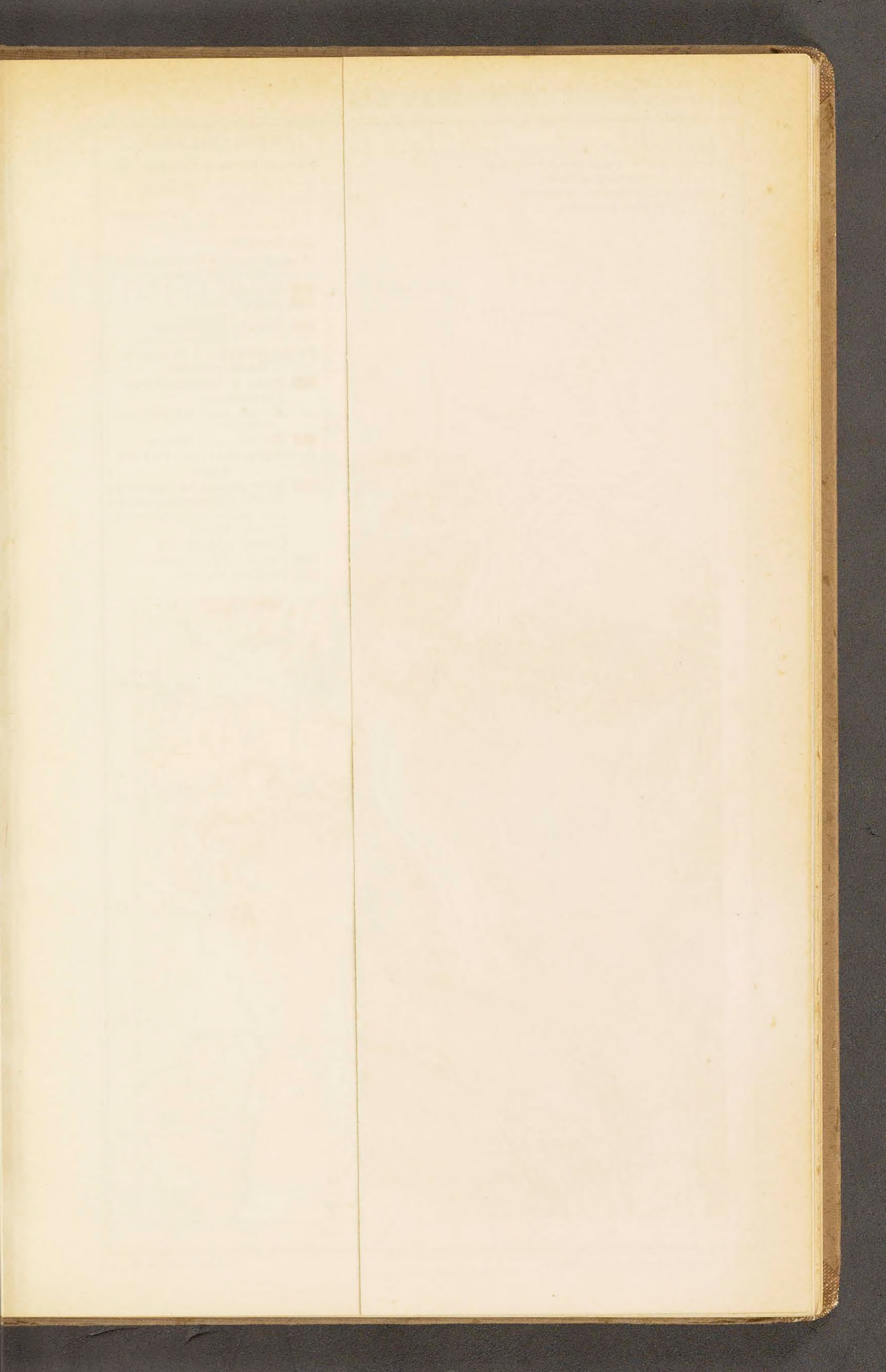






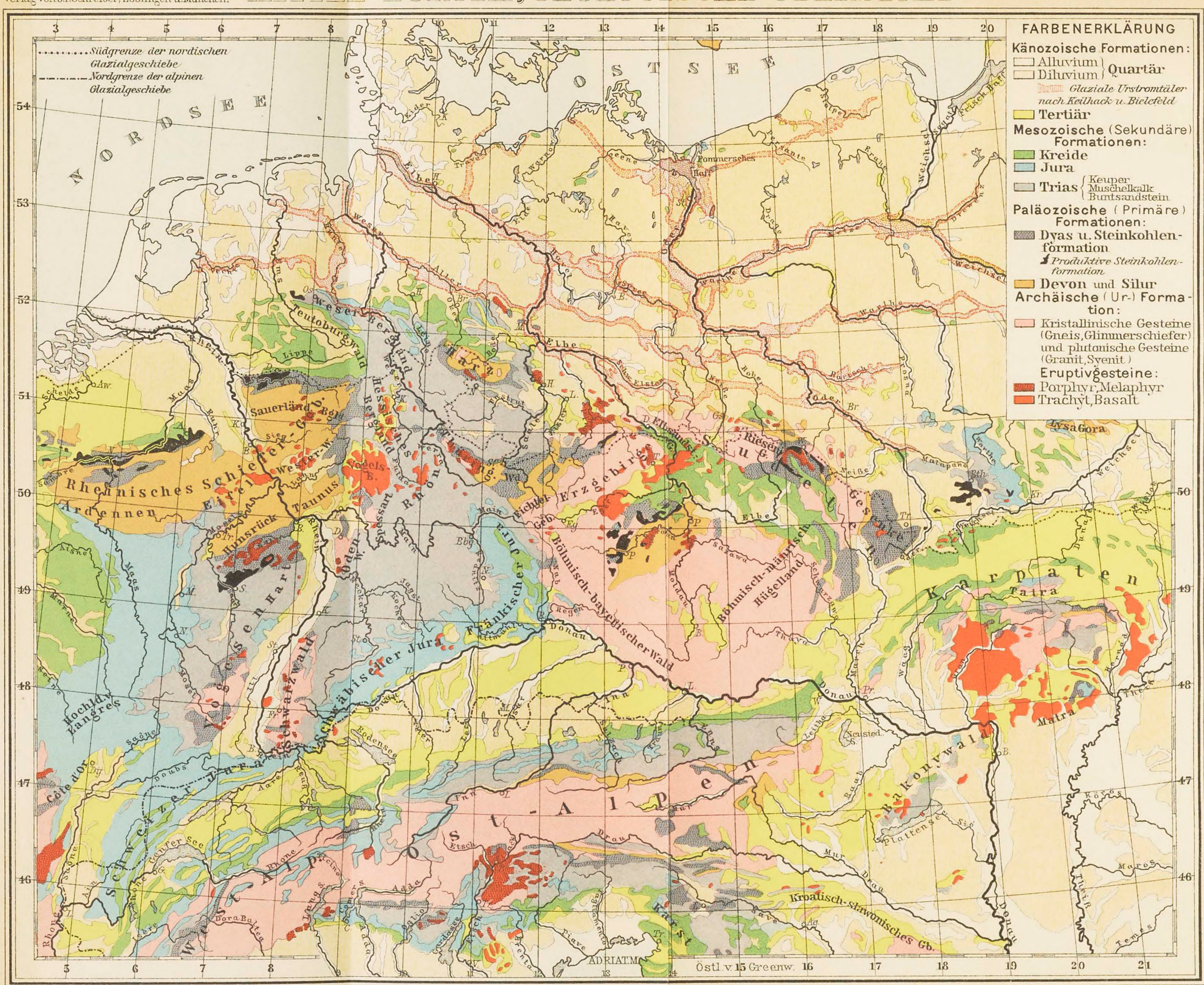
Schmid,
Lehrbuch der Geologie





Beilage zu Schmid, Mineralogie u. Geologie
Verlag von J. F. Schreiber, Esslingen u. München.

MITTEL-EUROPA, GEOLOGISCHE ÜBERSICHT



Nach d. Internat. geol. Karte v. Europa.
0 50 100 150 200 Kilometer
Maßstab 1 : 6.000.000
100 Kilometer in der Natur = 17 Mm. auf der Karte
Wagner & Debes, Leipzig.

A. J. Wieringa
16 September 1915

Lehrbuch der Mineralogie und Geologie

für höhere Lehranstalten

bearbeitet von

Dr. Bastian Schmid
Oberlehrer am Realgymnasium in Zwickau i. S.

Zweite verbesserte Auflage
5.—7. Tausend

II. Teil: Geologie

Mit zahlreichen farbigen und schwarzen Abbildungen und einer geologischen Uebersichtskarte.



Esslingen und München, Verlag von J. F. Schreiber

Druck von J. F. Schreiber, Eßlingen

Vorwort zur 2. Auflage.

Die Neuauflage weist an mehreren Stellen Aenderungen auf. Außer verschiedenen Verbesserungen ließ ich eine Vermehrung des Inhalts durch Zusätze zu den verschiedensten Kapiteln oder durch Beifügung von neuen Abschnitten wie beispielsweise über „Quellen“ eintreten.

In methodischer Hinsicht befolgte ich dieselben Grundsätze, die mich im mineralogischen Teil leiteten. Methodische Bücher können dem Lehrer leicht einen Zwang auferlegen, und ein Lehrbuch der Geologie soll mehr wie irgend ein andres naturwissenschaftliches Buch ein Nachschlage-, Wiederholungs- und Lesebuch sein. Gelernt, im Sinne des Beobachtens, wird draußen in der Natur, in der engeren Heimat, und so erarbeitet jede Schule zunächst das der Umgebung Eigenartige auf ihre Weise.

Wie in der zweiten Auflage der Mineralogie sind auch hier die kostspieligen, farbigen Textfiguren auf Tafeln zusammengestellt worden; außerdem wurde das Abbildungsmaterial z. T. verbessert und vermehrt.

Möge auch die zweite Auflage dieselbe freundliche Aufnahme finden, welche der ersten zuteil geworden ist.

Zwickau i. S., Juli 1910. **Bastian Schmid.**

Vorwort zur 1. Auflage.

Im Gegensatz zur herkömmlichen Art hat Verfasser die geologische Tätigkeit des Wassers zum Ausgangspunkt gewählt und zwar in der Ueberzeugung, daß die an jedem Orte zu beobachtenden Vorgänge weit besser sich zur Einführung eignen als die Hypothese von der Entstehung der Erde und die in fernen Ländern sich abspielenden vulkanischen Prozesse.

Den paläontologischen Teil glaubte ich am besten mit der historischen Geologie zu verbinden, auch hielt ich es für angezeigt, gelegentlich der Behandlung der einzelnen Erdperioden die charakteristischen Mineralien (Erze) sowie einiges über die geographische Verbreitung einzuflechten.

Damit soll natürlich dieser Stoff nicht zu einem Lernstoff gestempelt werden, wie ja überhaupt in der Geologie das Lernen mehr in den Hintergrund tritt. Im allgemeinen bringen die Schüler dem Fach so viel Interesse entgegen, daß sie sich auch gerne privat und mit bestem Erfolge mit ihrem Lehrbuch beschäftigen.

Auch vorliegender Teil ist vom Herrn Verleger mit größter Sorgfalt ausgestattet worden, wofür ich ihm an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank ausspreche.

Zwickau i. S., Juli 1904. **Bastian Schmid.**

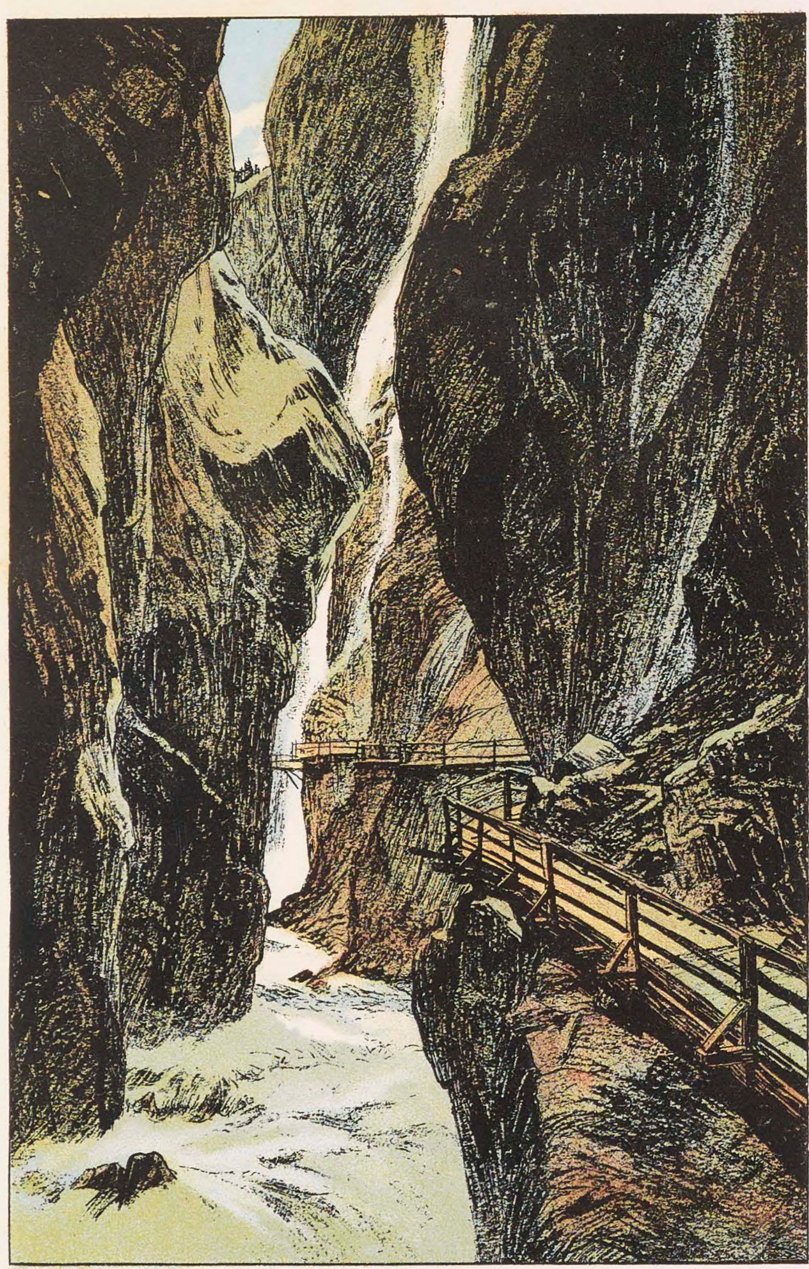
Inhalts-Übersicht.

I. Allgemeine Geologie.

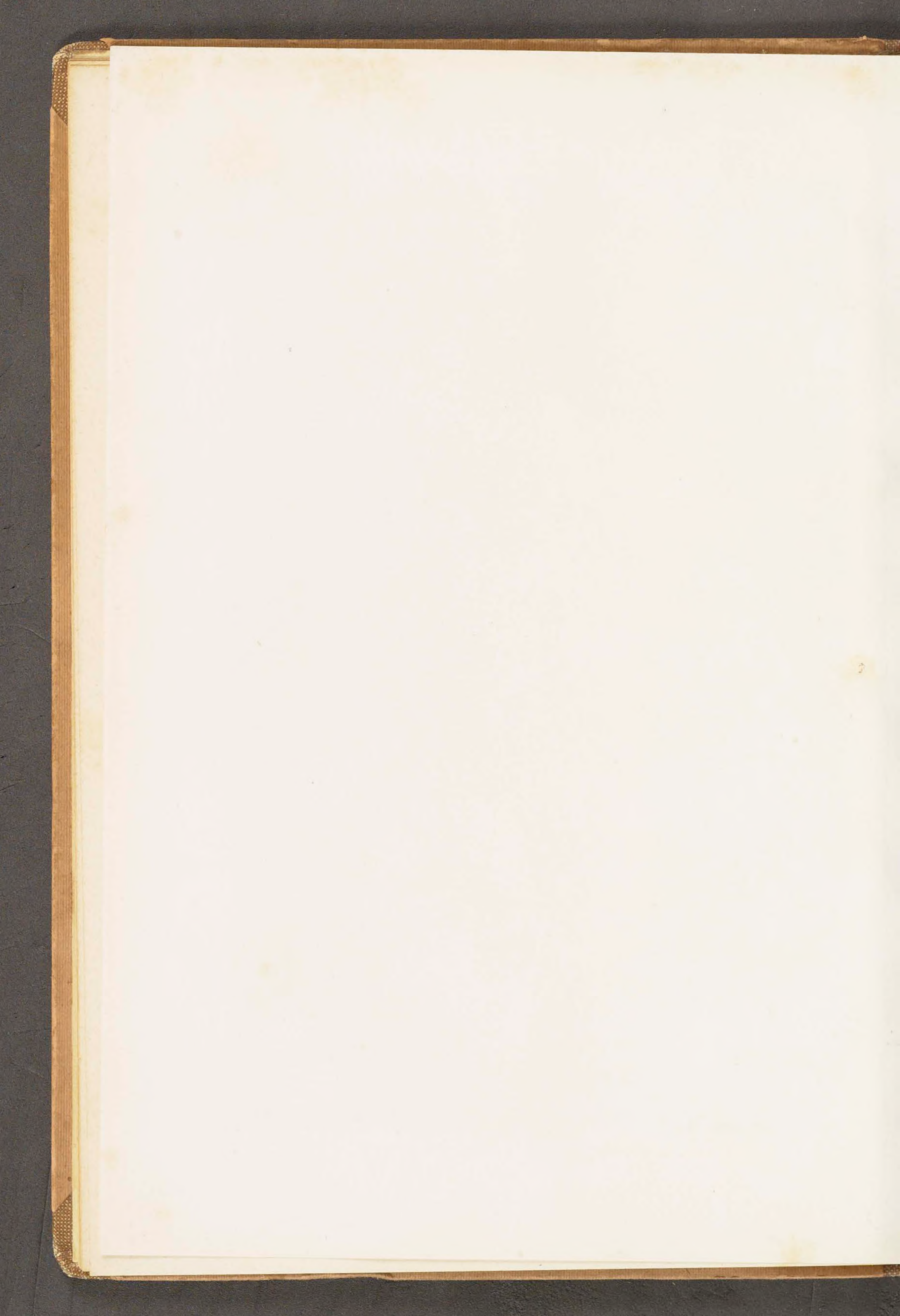
II. Historische Geologie.

Die Inhaltsübersicht der Farbendrucktafeln befindet sich auf Seite 66, 67.





Die Partnachklamm in Oberbayern.



I. Allgemeine Geologie.

Die geologische Tätigkeit des Wassers.

Wenn wir den Bach verfolgen, der sich durch die Wiese schlängelt, dann fallen uns an seinen zahlreichen Windungen häufig wiederkehrende Erscheinungen auf, die uns zu denken Anlaß geben. Stets finden wir gegenüber den Einkerbungen des geschlängelten Laufes Ablagerungen von Sand und Schlamm. Da, wo die Wassermassen besonders anprallten, mußten sie zerstören, an den gegenüberliegenden ruhigen Stellen konnten sie ablagern. Zerstören und Aufbauen geht so Hand in Hand.

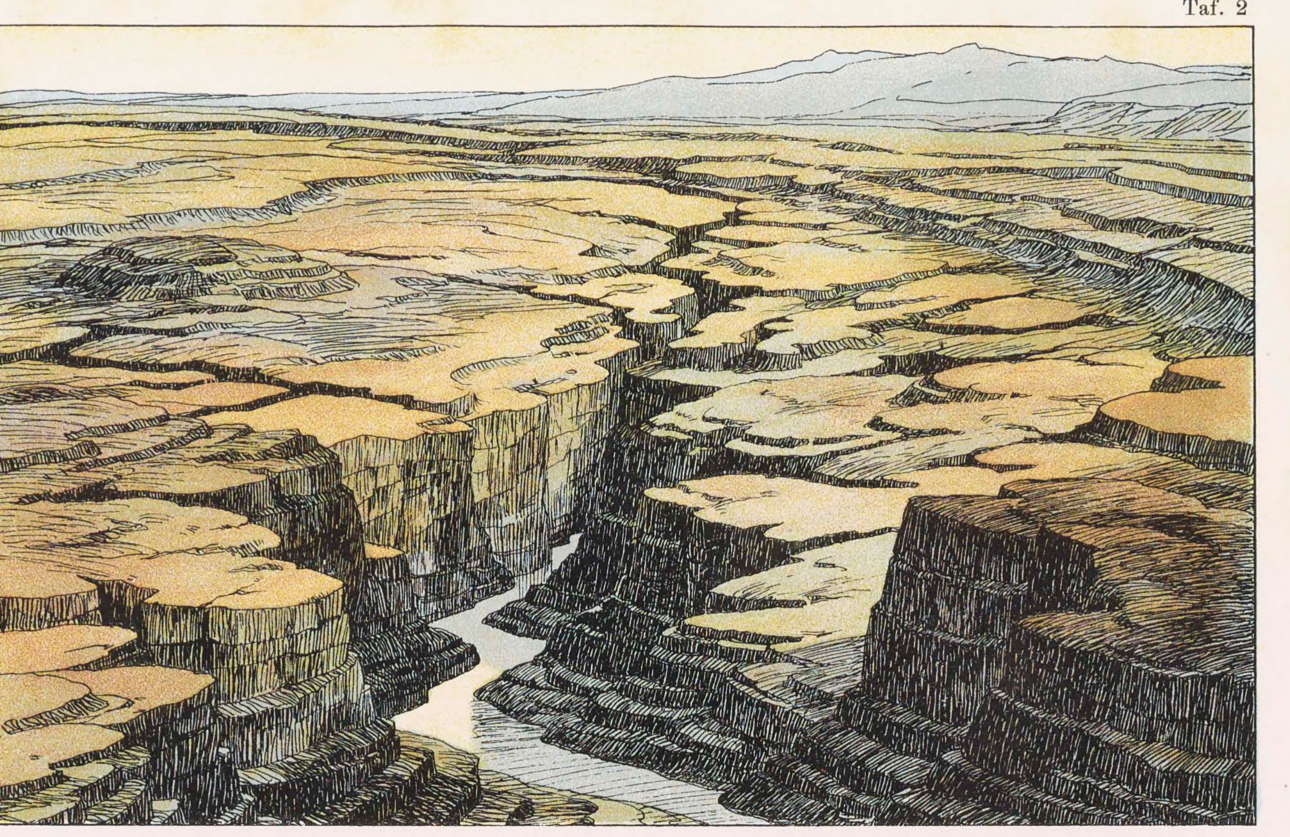
Auf den ersten Blick erscheinen uns die Wellen ganz klar, entnehmen wir ihnen jedoch eine Probe (Standzylinder!), so finden wir, daß sich nach einiger Zeit ein sandiger Niederschlag bildet. Nach einem starken Gewitterregen ergeben Proben, die den schlammfarbigen Fluten entnommen werden, einen weitaus bedeutenderen Bodensatz, darunter Partikelchen von verschiedener Größe. Die einzelnen Beimengungen fallen, wie man sich leicht überzeugen kann, nach ihrer Schwere geordnet zu Boden und bilden allmählich verschiedene Schichten. So oft wir auch den Glaszylinder schütteln, stets wiederholt sich derselbe Vorgang. (Künstlicher Versuch mit verschieden zusammengestellten Beimengungen. Verdampfen von einem Liter des trüben Wassers und Wägen des Rückstandes.)

Interessant sind z. B. die an einem kleinen thüringischen Bache, dem Leutrabach, angestellten Untersuchungen. Dort wurden nach einem ergiebigen Gewitterregen in einem Liter Wasser 7,5 g feste Bestandteile gewogen. Wenn man nun annimmt, daß in jeder Sekunde 4 cbm Wasser mit 30 kg Niederschlägen, in der Stunde 14 400 cbm mit 108 000 kg Sediment vorbeiströmen, so ergibt sich etwa für den Tag eine Masse, die einem Gesteinswürfel von mehreren

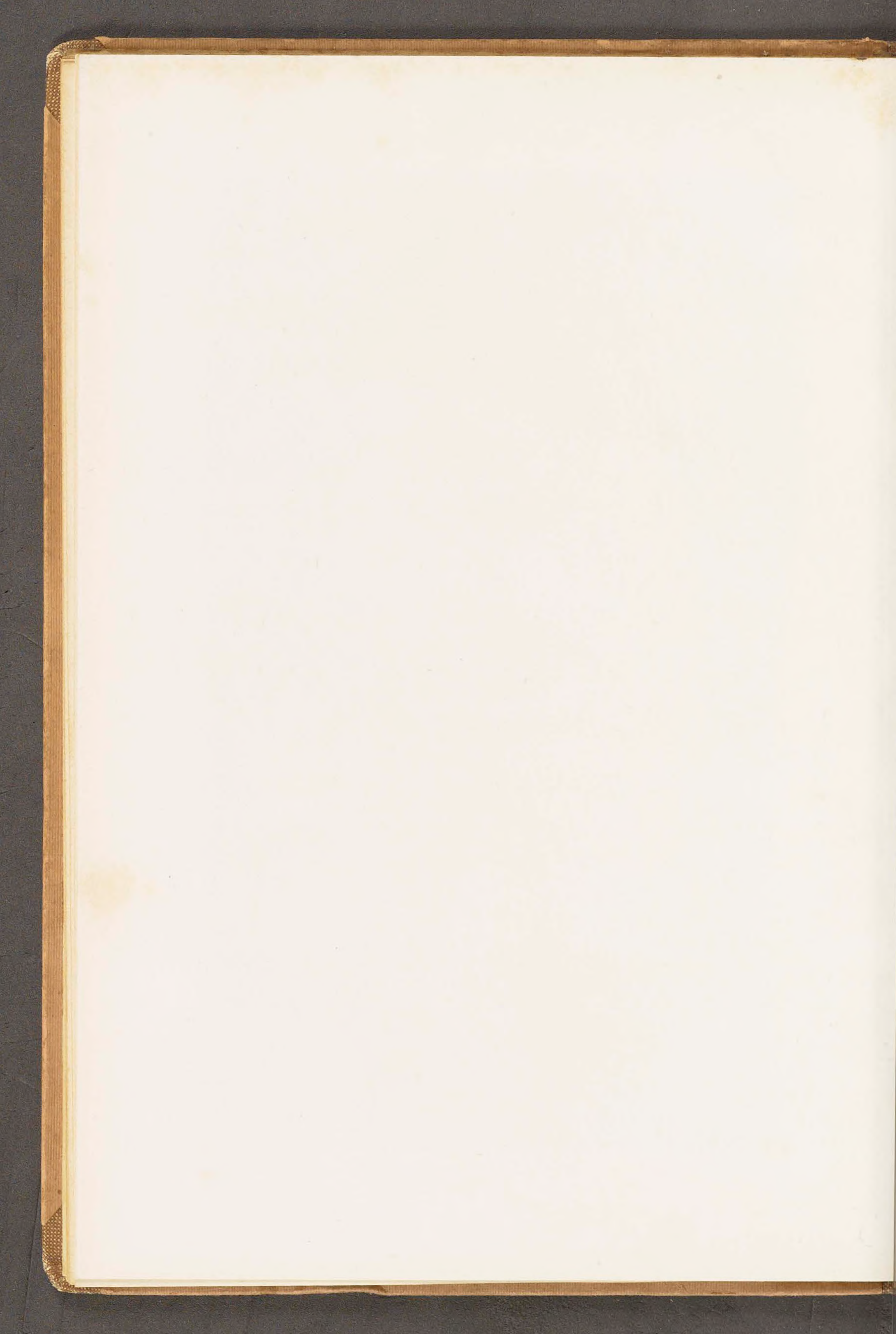
Metern Länge entspricht. Seit ein paar tausend Jahren hat demnach der Bach mehrere Billionen Kilogramm fester Bestandteile aus dem kleinen Tale fortgeführt. Ströme, wie der Mississipi oder der Ganges, tragen jedes Jahr 352 682, bezw. 360 628 Millionen Tonnen feste Bestandteile ihrer Mündung zu. Die anorganischen Stoffe, welche von Donau, Rhein und Elbe in 6000 Jahren dem Meere zugeführt werden, kommen an Gewicht den jährlichen Wassermassen dieser Ströme gleich.

Nun haben wir schon in der Mineralogie häufig Gelegenheit gehabt, von den in gelöster Form im Wasser enthaltenen Substanzen zu hören. Einige Tropfen Chlorbarium genügen, um die Schwefelsäure nachzuweisen, salpetersaures Silber überzeugt uns von dem Vorhandensein von Chloriden, Seifenlösung läßt uns die Kalksalze erkennen. Kurz und gut, wir wissen, daß das Wasser auf mechanischem wie auf chemischem Wege Material fortbefördert. Dieselben Erscheinungen, die wir am Bach im kleinen sehen, finden wir an den riesigen Wassermassen, die über die Erdoberfläche hinwegeilen und besonders an den Küsten (Meereswogen) im großen. Ueberall handelt es sich um Zerstören und Aufbauen, um ein Ineinandergreifen von chemischen und physikalischen Vorgängen.

Man hat berechnet, daß die durchschnittliche Niederschlagsmenge auf der Erde jährlich 1 m beträgt. (In Deutschland ist die Niederschlagsmenge etwa 600 mm, in den Tropen kann sie bis zu 10 m steigen). Das wäre also nach 1000 Jahren eine ungeheure Wassermasse von 1000 m Tiefe. Nun wissen wir, daß ein erheblicher Teil der Niederschläge verdunstet, und zwar rechnet man ein Drittel des herabgefallenen Wassers für diesen Vorgang. Ein Drittel, so nimmt man an, sickert ein, um als Quellwasser wieder zum Vorschein zu kommen, und der Rest eilt dem Meere zu. Demnach müssen in 1000 Jahren die ungeheuren Wassermassen von 1000 m Tiefe dem Meere zuströmen und dabei auf verschiedene Art ihre zerstörenden Wirkungen äußern. Je größer die Wassermengen und das Gefälle, desto größer die Transportfähigkeit. Während Sand und Schlamm schwimmend fortgeführt werden, rollen die Wassermassen größere Gesteinsstücke auf dem Boden fort und runden sie durch fortwährendes Aneinanderreiben ab. Reibt man Stücke von verschieden geartetem Geröll, die wir ein und demselben Flußbett entnehmen, aneinander, so kann man sich leicht überzeugen, daß das weichere Gestein mehr Pulver abgibt, als das härtere und daß das einzelne Geröllstück nicht überall gleich hart und infolgedessen ungleich abgeplattet ist. (Untersuchung dieses Pulvers sowie des Flußsandes mit



Marble Cañon.



der Lupe.) Dieses eben erwähnte Fortrollen von Gestein findet man begreiflich, wenn man bedenkt, daß das spez. Gew. der meisten Gesteine zwischen 2 und 3 liegt und die zur Verfügung stehenden Wasserkräfte ganz enorme sind. Unser Interesse an der Herkunft der einzelnen Geröllstücke veranlaßt uns zu einer Wanderung flußaufwärts zu der Heimat des Gesteins, oder, geologisch ausgedrückt, zum „anstehenden“ Ursprungsgebiet. Dabei versäumen wir nicht, die vom Flusse durcheilte Talfläche nach Geröll zu untersuchen, nicht minder die ihn begleitenden Terrassen. Außerdem sehen wir wahrscheinlich, daß seine Nebenflüsse bei größerem Gefälle noch größeres Geröll zeigen wie er.

Die Fortbewegung von so großen Schuttmassen ist nicht ohne Einfluß auf den Boden des Flußbettes selbst. Gleich einer riesigen Säge schneiden die fortwährend bewegten Geröllmassen ein und zwar senkrecht in den Untergrund, sie nagen aus, sie erodieren[1]). Die schlucht- und taleinschneidende Tätigkeit der Gewässer nennt man **Erosion.** Wie diese mit Hilfe verschiedener physikalischer und chemischer Kräfte und — nicht zuletzt — durch das ihr zu Gebote stehende Transportmaterial wirken kann, das beweisen aufs klarste Hunderte von Gebirgsbächen. Alle Schluchten und Schluchtentäler, namentlich die Klamms (Taf. 1) zeigen uns die Wirkungen starken Gefälles großer Wassermassen. (Bei den Klamms kommt noch dazu das Anprallen von Geröll, das z. T. von den der Verwitterung ausgesetzten Steilwänden stammt. Von diesen stürzen mitunter mächtige Blöcke verheerend und sich selbst zerstörend in die Tiefe und helfen als Geröll die Wände untergraben.)

Ein höchst anschauliches Beispiel für Erosion im großen Maßstabe bieten uns die Niagarafälle. Zwischen Erie- und Ontariosee, wo die Wassermassen des Flusses von einem 55 m hohen Plateau herabstürzen, haben wir einen silurischen Landstrich mit flachem Schichteinfall gegen Süden, dagegen mit schroffen Felswänden gegen den Ontario. Geognostisch bestehen die Schichten (von oben nach unten) aus Kalkstein, Schiefer und zu unterst aus Mergel und Sandstein (Fig. 1). Im Laufe der Zeit hat der Niagara eine 80 m tiefe Felsschlucht in der Weise eingeschnitten, daß die Wassermassen, die sich über die Felswand stürzen, an den widerstandsloseren Schiefern und Sandsteinen am Fuße des Falles wühlen. Durch diese Unterwaschung wandern die Wasserfälle allmählich dem Eriesee entgegen. Dieses Stromaufwärtsrücken ging schon in früheren Zeiten

[1]) erodere = ausnagen.

vor sich. Gegenwärtig durcheilt der Fluß auf einer Strecke von etwa 12 km eine tiefe, enge, steilwandige Schlucht bis Queenstown, wo er in die Ebene des Ontariosees eintritt. Früher jedoch stürzte

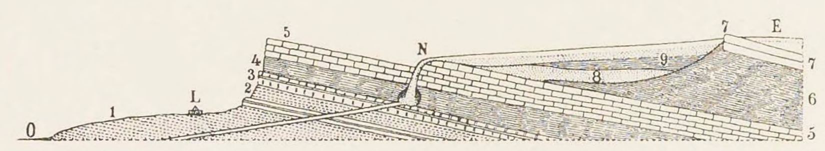


Fig. 1. Durchschnitt des obersilurischen Systems zwischen dem Erie- und Ontariosee mit dem Niagara-Fall.

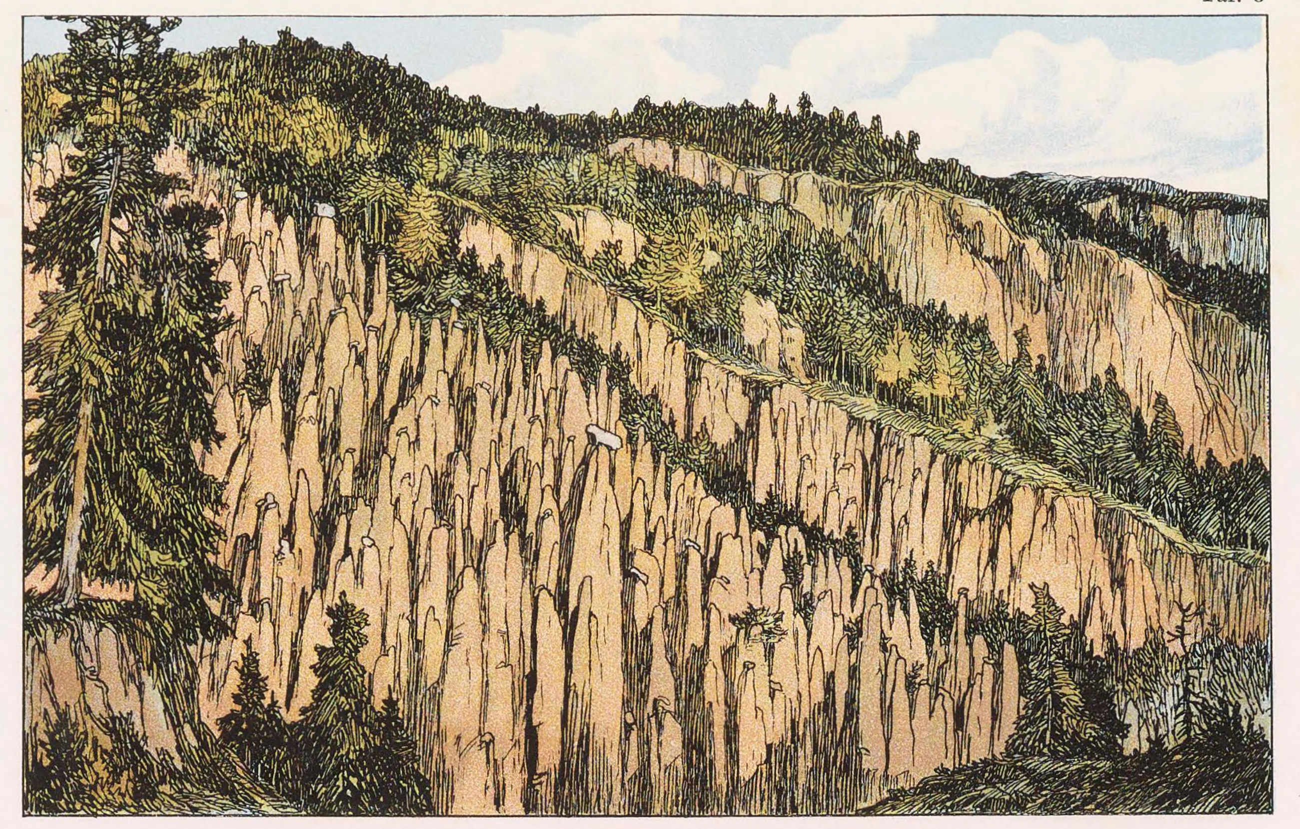
1. Sandstein. 2. Sandstein. 3. Clintongruppe (Sandstein und Kalk). 4. Niagaraschiefer. 5. Niagarakalk. 6. Sandstein. 7. Kalk. 8. Süßwasserschichten. O Spiegel des Ontariosees. L. Lewiston. N. Niagarafall. E. Spiegel des Erisees.

er sich direkt von der Hochebene in die Ontarioebene hinab und die ganze Schlucht, durch die er jetzt läuft, ist von ihm ausgehöhlt, so daß jede Stelle derselben schon einmal Ort des Falles war. Wenn man, wie die Beobachtungen ergeben haben, ein jährliches Rückschreiten von 65 cm annimmt, dann waren etwa 18000 Jahre nötig, um die 12 km lange Schlucht auszuwühlen.

Die großartigsten Beispiele von Erosion bieten die Cañons des Kolorado (Taf. 2), ein System von Schluchten. Der Hauptfluß schneidet 1800 m tief in das sedimentäre Gestein und noch gegen 300 m tief in den darunter liegenden Gneis ein.

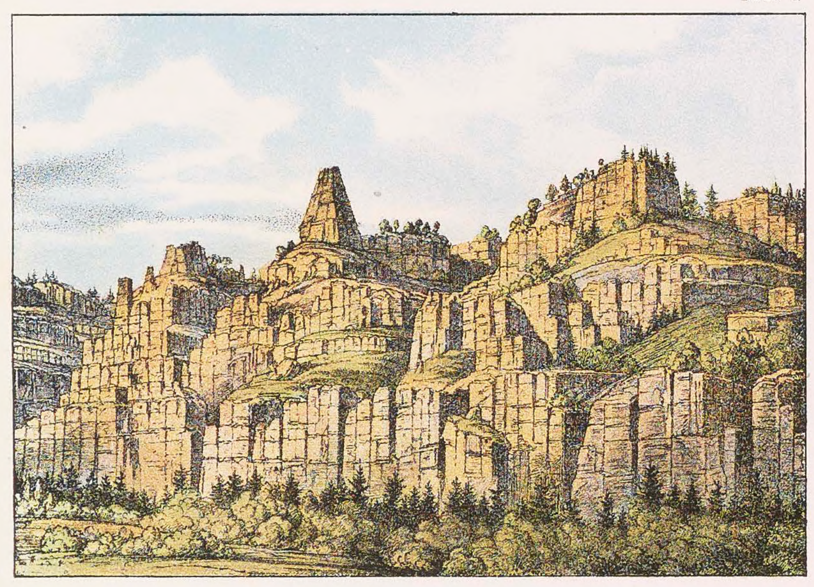
Um ein hervorragendes Beispiel von Erosion aus Deutschland zu bringen, sei auf das Elbsandsteingebirge verwiesen. Die merkwürdigen Formen der Sächsischen und Böhmischen Schweiz waren ursprünglich nicht vorhanden, dafür eine einförmige Ebene, in welche bis zur Tertiärzeit die Elbe und ihre Nebenflüsse eingeschnitten haben. Das ehemalige Tafelland hat heute mit seinen Felsruinen, Säulen, Gängen und Labyrinthen ein groteskes Aussehen (Taf. 4,1).

In interessanter Weise betätigt sich die Erosion bei der Entstehung der sog. Erdpyramiden. Dadurch, daß größere Gesteinsstücke schützend auf lehmiger oder irgend lockerer Grundlage ruhen, wird die spülende Wirkung des Wassers nur auf die nächste Umgebung, nicht aber auf die bedeckte Masse ausgedehnt. Diese bleibt bestehen, so daß sich schlanke, mit einer Steinkuppe versehene Säulen bilden. Solche Erdpyramiden kommen z. B. bei Bozen in einer Höhe von 30—35 m vor (Taf. 3). Im kleinen lassen sie sich nach jedem starken Regen an steinigen Lehmabhängen überall beobachten; auf jedem Lehmkegelchen sitzt ein Steinhütchen.

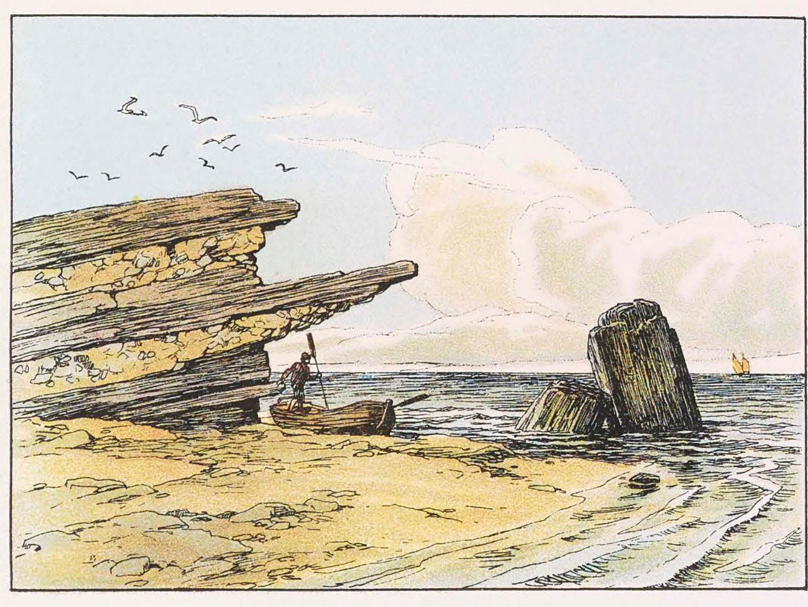


Erdpyramiden bei Bozen.





1. Quadersandsteingebirge der Böhmischen Schweiz (Felsenkessel von Dittersbach).



2. Strandpartie (Gotland).



Kehren wir noch einmal zu unserem Fluß zurück. Die alten Ablagerungen auf den von uns durchwanderten Gehängen lassen den Schluß zu, daß der Fluß vor Zeiten sich 100—200 m tief in das Tal eingeschnitten hat. Seine Arbeit war von jeher stetig wie heute, ihm standen mit großer Wahrscheinlichkeit nicht stärkere Wassermassen, vor allem nicht andere mechanische und chemische Kräfte zur Verfügung wie heute. Auf allen benachbarten Bergen arbeiten Frost und Hitze abwechselnd, in alle Felsen drang das Wasser in die ungezählten feinsten Kapillaren, Regen und Schnee beförderten die verwitterten Schuttmassen genau so wie heute abwärts und zwar meist langsam aber stetig, mitunter auch katastrophenartig infolge von Wolkenbrüchen und Erdbeben. Somit ist das ganze Gehänge auf dem Wege zum Fluß und damit zum Meere. Verfolgen wir nun den Fluß abwärts! Das Ufer wird schräger, ein Querschnitt durch das Tal ergibt nicht mehr die **V** Form, sondern es bilden sich niedrige Ufer (Steine, Sand und Erde). Im Bette liegen zwar noch größere, angeschwemmte Gesteinsbrocken, jedoch ist das Wasser nicht mehr imstande, sie fortzuwälzen. Hingegen zerfallen sie nach und nach zu kleineren Stücken. Diese schafft der Fluß an seine Ufer und bildet dort sogenannte Schotterbänke. Ueberschreitet er im Herbste und Frühjahr seine Ufer, so läßt er eine dicke Schicht feinsten fruchtbaren Schlammes zurück. Uebersehen wir nicht, daß die Gerölle jetzt noch imstande sind gegen die Uferwand anzuprallen und diese zu unterwühlen, während sie sich, wie eingangs erwähnt, an den ruhigen Stellen zungenförmig ablagern. Wir bemerken also, daß der Fluß fortwährend ein anderes Bild seiner Laufrichtung bietet und wie er sich fortschlängelt (Serpentinen).

Während den Oberlauf des Flusses die Erscheinungen der Erosion kennzeichnen, verhält sich der Mittellauf je nach dem Wasserstand erodierend und ablagernd. Im Unterlauf ist der Fluß durch die Absätze mitgeführten Materials (Schlamm) und der dadurch bewirkten Erhöhung der Sohle gezwungen, das Bett zu verlegen. Dadurch wird auch der Talboden wieder erhöht. Die Ueberschüttung mit Sand und Kies ist um so größer, je flacher die Ufer sind. (Wenn sich aber das Flußbett durch Erosion nach und nach vertieft, so werden die Ablagerungen auf beiden Seiten des Flusses als schmale Streifen, sog. Schotter und Erosionsterrassen angehäuft. Diese letztgenannte Erscheinung ist häufig in Gebirgstälern.)

Fast alle Talbildungen sind auf die Tätigkeit der Flüsse zurückzuführen. Form und Verlauf der Talstrecken geben uns ein deutliches Bild von den verschiedenen Widerständen, die sich dem Fluß in den Weg stellten. Hier wurde er durch harte Gesteinsmassen gezwungen, große Ausbuchtungen zu machen, da mußte er sich durch enge Schluchten hindurchzwängen, während er, bei den leichter zerstörbaren Schichten angekommen, das Tal ausweitete.

Deltas bilden sich an der Mündung großer Ströme in das Meer überall da, wo sich Uferwälle schützend vorlegen. Solche Uferwälle werden von den Wellen gebildet, indem sie den kontinentalen Sand und Schutt gegen die Küste spülen. So kommen Lagunen

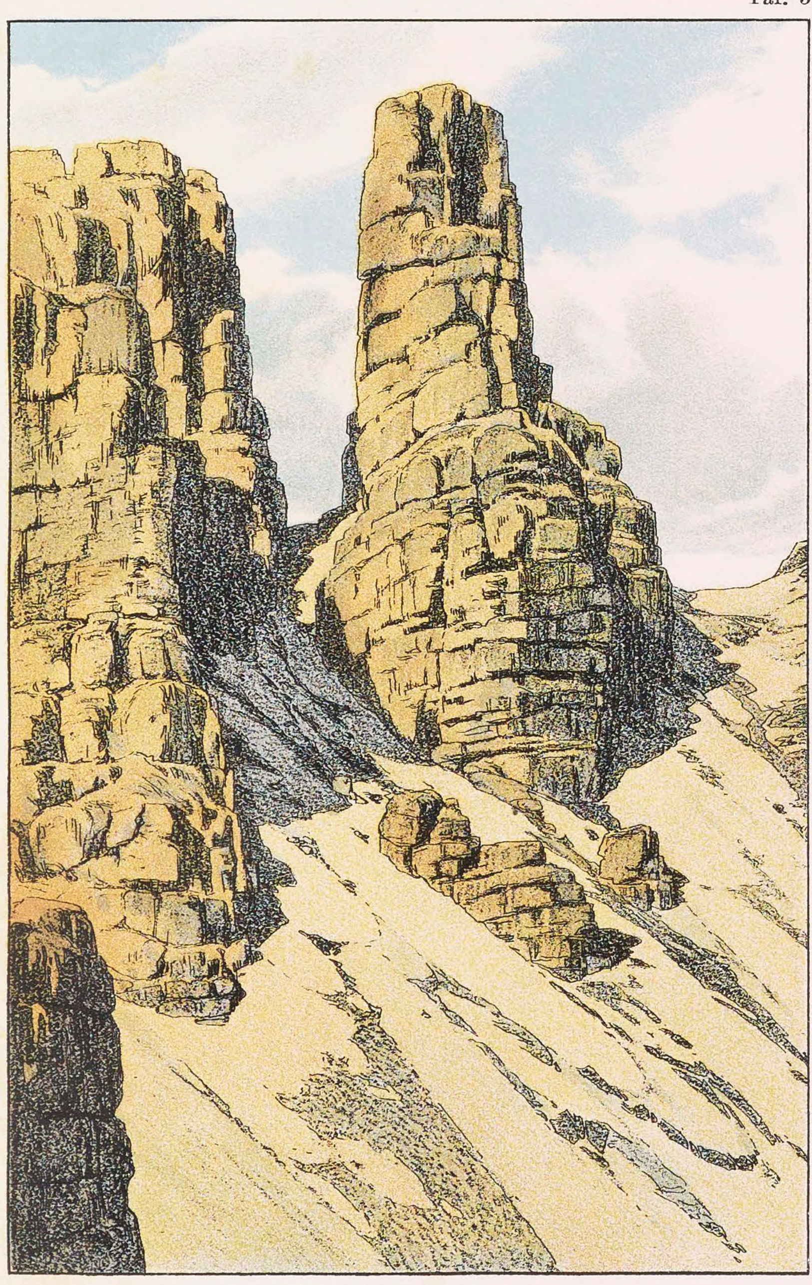
zustande, die nach und nach durch Schlamm und Sand ausgefüllt werden. Im Laufe der Zeit erhebt sich der Boden über das Meeresniveau, und es entsteht ein flaches, von verschiedenen Flußarmen durchzogenes Land. Wenn sich aber die Küste senkt, dann erreichen die Ablagerungen niemals die Oberfläche, und es entstehen die weitgeöffneten Flußmündungen, wie sie die Elbe, Weser u. a. Ströme aufweisen.

Im allgemeinen werden die feineren Sande schon in verhältnismäßig geringen Entfernungen vom Lande niedergeschlagen, höchstenfalls gelangen sie bis zu 150 km weit in das Meer hinaus. Die Ursache ist im Salzgehalt des Wassers zu suchen. Wenn man getrübtem Flußwasser zwei Proben entnimmt und die eine davon mit Kochsalz versetzt, dann kann man deutlich erkennen, wie dieses den Niederschlag befördert.

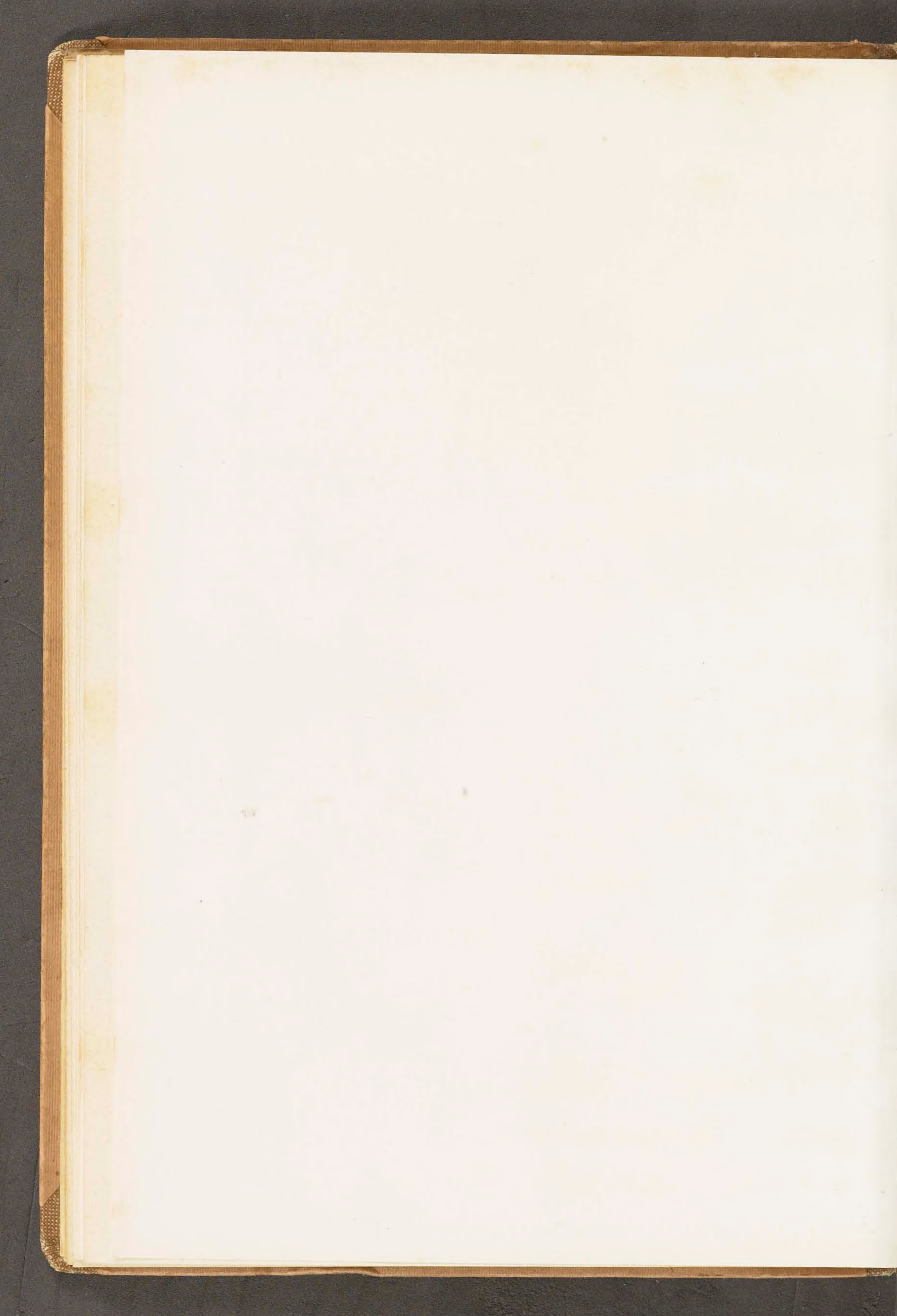
Die Abspülung und Abtragung weiter Flächen von Gesteinsmaterial hat man im Gegensatz zu der furcheneinschneidenden Erosion **Denudation**[1]) (Taf. 5) genannt. Als Transportmittel kommt das Wasser, zum Teil auch der Wind in Betracht. Erosion und Denudation haben die gegenwärtige Beschaffenheit unserer Gebirge hervorgerufen. Dadurch, daß durch die Erosionsschluchten fortwährend Material abgeführt wurde, haben die Gebirge allmählich an Höhe eingebüßt und weisen, wie z. B. die Alpen, scharf umrissene Formen auf. Manche Forscher neigen zu der Annahme, daß dieses Gebirge bereits die Hälfte an Masse verloren habe. In ferner Zukunft werden die Alpen wie unsre alten Gebirge (Böhmerwald) abgerundete Formen von relativ geringer Höhe aufweisen. Diese Ansicht hat nichts Ueberraschendes, wenn man an die ungeheuren Mengen von Verfrachtungsmaterial, wie es durch einzelne Flüsse von den Alpengipfeln fortgeführt wird, denkt. Es befördert nachgewiesenermaßen die Reuß jährlich 150 000 cbm Geschiebe in den Urnersee, der Rhein 470 000 cbm in den Bodensee und die Ache 142 000 cbm in den Chiemsee. Das einzelne Gesteinsmaterial verhält sich dabei verschieden. Basalt und Quarzfels ist widerstandsfähiger als Kalk und Sandstein. Beispiele von Denudation im Flachlande sind nicht selten. So sind die Keuperschichten zwischen dem Thüringerwald und Harz weggespült worden, dasselbe gilt von der oberen Kreideformation Norddeutschlands, die bis auf die geringen Flecken bei Worbis verschwunden ist. Ein besonders anschauliches Beispiel bietet uns der Pfahl (Quarzit) im Bayrischen Wald.

---

[1]) nudus = nackt.



Schlickertürme (Stubai).



Die Wirkungen des Meeres.

Was wir dort bei dem fließenden Wasser gesehen haben, finden wir bei den Meereswogen wieder; auch hier handelt es sich um ein Zerstören, Transportieren und Absetzen. Hier wie dort erhöhen große und rasch bewegte Wassermassen den Effekt. Die Höhe der Fluten, die Schnelligkeit derselben und die Gewalt der Wogen sind ausschlaggebend. Freilich kommt es auch hier auf die Zusammensetzung und Lage des Gesteins an. Hartes Material wie Granit und Gneis ist widerstandsfähiger als Kalk, Mergel und Sandstein.

Landwärts geneigte Schichten werden unterwühlt, so daß die Felswand zerbröckelt und schließlich abstürzt. Hingegen laufen die Wellen an den seewärts geneigten Küsten hinauf und lagern Sand ab. Besonderen Angriffen sind Steilküsten und Vorgebirge ausgesetzt (Taf. 4,2). Indem sie ihrer Grundlage beraubt werden (Unterwaschung) und die abgebröckelten Trümmer gleich Projektilen gegen die Wände geschleudert werden, gehen sie unfehlbar ihrer Zerstörung entgegen (Felsenküste von Helgoland).

Die chemischen Wirkungen des Wassers.

Neben den durch das Wasser bewirkten mechanischen Veränderungen und Umlagerungen von Mineralsubstanzen sind die chemischen von großer Bedeutung.

Hierfür ein Beispiel. Von 9,5 Milliarden Kubikmeter Wasser, welche i. J. 1877 die Elbe an Tetschen vorbeiführte, waren 1 172 000 cbm (1530 Millionen kg) ursprünglich feste Substanzen und zwar 776 Mill. kg suspendiert und 754 kg gelöst. Unter diesen gelösten Substanzen waren u. a. 66 Mill. kg Kalkerde, 49 Mill. kg Magnesia, 36,5 Mill. kg Kali, 69,6 Mill. kg Natron, 83 Mill. kg Chloride, 120 Mill. kg Schwefelsäure und 95 Mill. kg Phosphorsäure.

Wir haben gehört, daß chemisch reines Wasser nur in geringem Grade lösen kann, daß die lösende Kraft vielmehr nur dem mit Kohlensäure, Sauerstoff und organischen Stoffen beladenen Wasser zu Gebote steht.

Am leichtesten werden Kalkstein, Dolomit und Gips zerstört, Gesteine also, die geringen Widerstand bieten. Dem Wasser gelingt es, ein System von Spalten und Klüften zu bilden, wie das im Karst (Adelsberger Grotte, Taf. 6), im Fränkischen Jura (Muggendorfer- und Gailenreuther Höhle), im Harz (Baumannshöhle) und im Mansfelder Gebiet der Fall ist. Dort in den Kalksteinhöhlen finden sich die bekannten Stalaktiten und Stalagmiten, hier in den Gipshöhlen

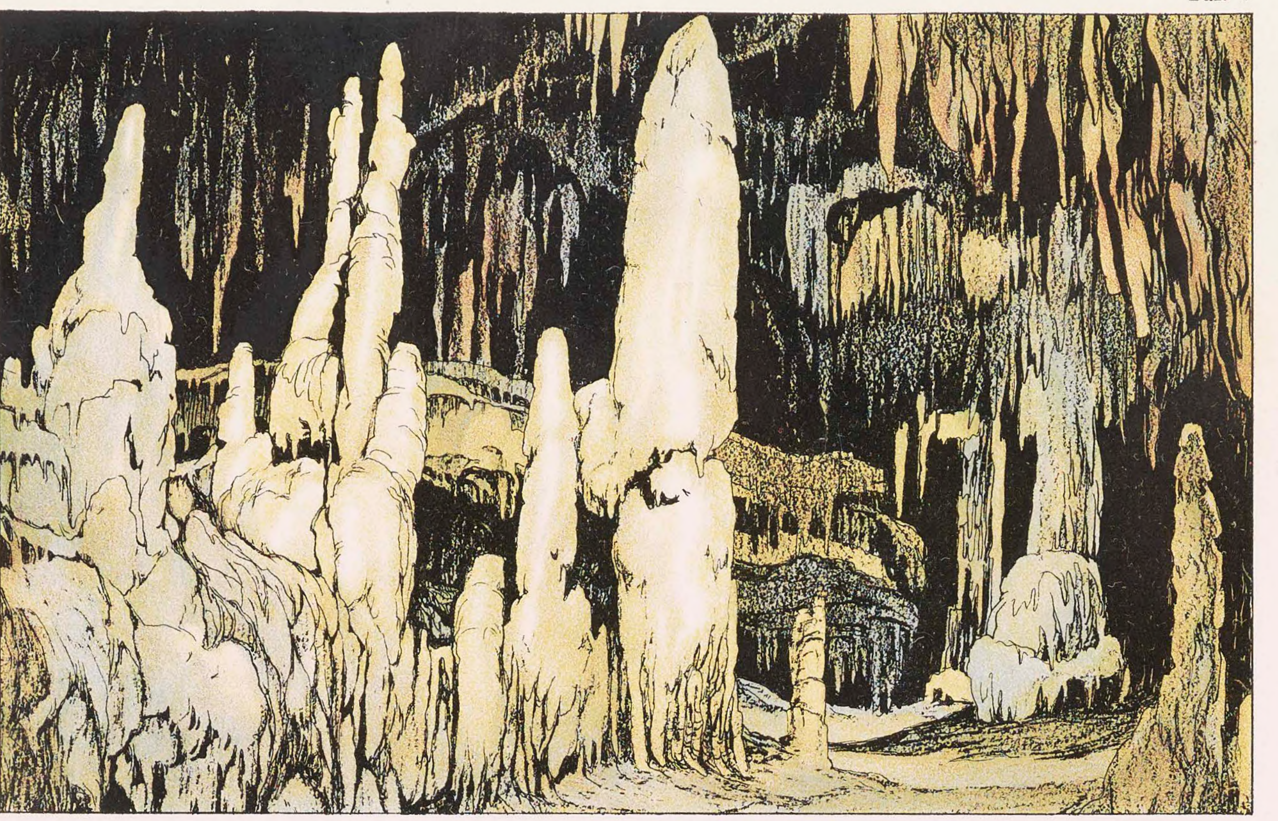
sind ganze Wände mit Gipskristallen ausgekleidet. Ununterbrochen arbeiten die Gewässer an der Vergrößerung solcher Höhlen, zum Teil an den Wänden, zum Teil tief unten, wo sie als Bäche fließen. Ist die Höhle derartig ausgeweitet, daß die Decke zu schwach wird, um die darüber lagernde Masse zu tragen, dann erfolgen Einstürze, welche für die weitere Umgestaltung recht verhängnisvoll werden können. Solche Erdbeben lokaler Natur machen sich beispielsweise bemerkbar in der Lüneburger Heide, wo es sich um Lösung von Salzen handelt, sodann in Eisleben (bis zu 60 Erschütterungen in einem Monat, so daß eine Anzahl von Gebäuden Risse bekamen); ferner treten sie ganz besonders im Karstgebiet auf.

Eines der interessantesten und weitverzweigtesten unterirdischen Höhlensysteme ist die jüngst entdeckte Versenkung der Donau bei Immendingen. Der oberirdische Fluß verschwindet tatsächlich in einen unterirdischen. Durch Färbung und Salzbeimischungen ist entdeckt worden, daß das verschwundene Donauwasser in 12,5 km Entfernung 170 m tiefer als Aachquelle (dem Rheingebiete zugehörig) wieder zum Vorschein kommt, und zwar braucht die Donau zu dieser Wanderung 4 Tage. Heute ist das Flußbett an 77 Tagen im Jahre leer, und wie steht es in einigen Jahrtausenden? Vermutlich geht, wenn es nicht gelingt, Abhife zu schaffen, bis dahin die ganze obere Donau in den Rhein.

Inwieweit das Wasser imstande ist, Mineralien, die als unlöslich gelten, zu zersetzen und an ihre Stelle nach und nach andere zu bringen, das zeigen uns vor allem die im Lehrbuch der Mineralogie erwähnten Pseudomorphosen von Brauneisenstein nach Quarz, von Quarz nach Flußspat. Das Wasser kann aber auch in die Gesteine eindringen, ohne dabei einen Austausch zu bewirken; es wird dann Eisenoxyd zu Eisenoxydhydrat, Anhydrit zu Gips usf. Sauerstoffbeladenes Wasser wandelt z. B. Magneteisen in Roteisenerz um, Eisenoxydul in Eisenoxyd; Schwefelmetalle werden zu Vitriolen (Eisenkies zu Eisenvitriol, Kupferkies zu Kupfervitriol). Kohlensäurehaltige Wasser zersetzen unter Freiwerden von Kieselsäure und unter Bildung von Karbonaten verschiedene Silikate (Feldspate); Sickerwässer dringen mit Kohlenwasserstoffen (aus verwesten Organismen) beladen in die Erde. Treffen sie mit Eisenoxyd zusammen, dann entziehen sie demselben den Sauerstoff und bilden Kohlensäure. Das Eisenoxyd wird dadurch zu Eisenoxydul reduziert. Kohlensäure und Eisenoxydul gibt kohlensaures Eisenoxydul und aus diesem bildet sich an der Luft Eisenoxydulhydrat (Raseneisenstein). Wie schwefelsaure Metallsalze zu Schwefelmetallen reduziert werden, das zeigen uns Bleiglanz, Zinkblende und Schwefelkies.

Quellen.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß beim Graben in ebenen Niederungen der an der Oberfläche trockene Boden mit zunehmender Tiefe feucht wird.



Adelsberger Grotte.



Je weiter man in die Tiefe eindringt, um so rascher nimmt die Feuchtigkeit zu. Alle Hohlräume im Boden führen Wasser. Die Oberfläche wasserreicher Gebiete der Erdrinde nennt man Grundwasserspiegel. Dieser Spiegel kann je nach der Bodenart verschieden tief liegen. Vielfach erreichen ihn die Bäume und andere Pflanzen mit den Wurzeln. Wie tief das Wasser in die Erde eindringt, ist schwer zu sagen, aber stets vom betreffenden Gestein abhängig. Daß es unter Umständen bis zu dem Herde der Vulkane vordringen kann, ist nicht ganz unwahrscheinlich.

Es würden bald unsere Flüsse zurückgehen, wenn nicht das in die Erde eindringende Wasser als Quelle zutage träte. Sind die Quellen oberflächlich gelagert, so versiegen sie nicht nur nach anhaltender Trockenheit, sondern sie zeigen auch große Temperaturschwankungen. Tiefe Quellen sind von Regenzeiten wenig beeinflußt und zeigen außerdem eine unveränderliche Temperatur. (Messen der einheimischen Quellen in regelmäßigen Zeiträumen). Bei Oberflächenquellen tritt das Wasser, sobald es auf eine undurchlässige Schicht gelangt ist, zutage; bei Quellen mit tiefem Ursprung sinkt es auf seiner Wanderung unter den Spiegel seines Zutagetretens hinab und steigt (hydrostatischer Druck) wieder empor wie in einem V Rohr. Der Kanal einer solchen Quelle kann mehrere hundert Meter tief hinabsteigen; er wird unaufhörlich gespeist und das Wasser gelangt wieder an das Tageslicht (Ausflußrohr des kurzen Schenkels). Sättel sind im allgemeinen arm an Quellen, Mulden reich. (Hier steht das Wasser unter dem Druck der Schenkel.)

Der unterirdische Weg des Wassers ist ungemein verwickelt. In Spalten, Klüften und Gesteinen kreist es, und oft, wenn es auf einem weit verzweigten Netzwerk schon der Oberfläche nahe ist, sinkt es wieder ein, um anderswo an das Tageslicht zu gelangen. Aber nicht alles aus der Tiefe kommende Wasser ist als deutliche Quelle zu sehen. Es tröpfelt da und dort auf dem Acker als schwaches Rinnsal, oder es befeuchtet nur die Scholle (dunkelbraune Flecke auf sonst trockener Erde) oder bewirkt an unbebauten Stellen grüne, üppige Vegetationsflecke. Somit ist es nicht zu verwundern, daß die Quellen so reich an gelösten Stoffen sind.

(Verdunste gleichgroße Mengen Quellwasser verschiedener heimatlicher Quellen und prüfe die Rückstände. Desgleichen das Wasser bekannter Mineralquellen!)

Was die Mineralquellen anlangt, von denen viele Kohlensäure, Chlor-, Brom-, Jod-, Eisen- und Schwefelverbindungen führen, so lösen dieselben auf ihrer unterirdischen Laufbahn diese Substanzen und geben bei ihrem Austritt mitunter beträchtliche Mengen davon ab. Mineralquellen in der Nähe des Laacher Sees scheiden berechnungsweise in 1000 Jahren Lager von Eisenverbindungen aus, welche eine Ausdehnung von einigen qkm und $^1/_4$ m Mächtigkeit besitzen.

Aus alledem geht hervor, daß das Wasser, gleichviel, ob in flüssiger oder fester Form, eine große Aufgabe zu erfüllen hat,

nämlich die, Höhenunterschiede auszugleichen, einzuebnen, was durch tellurische[1]) Kräfte emporgewölbt wurde.

Gletscher.

Einen nicht zu unterschätzenden Einfluß auf die Gestaltung der Erdoberfläche üben jene Ansammlungen von Landeis aus, die man als Gletscher bezeichnet. Es sind das Eisströme, die in hohen Regionen, von wo aus sie sich talwärts bewegen, ihren Ursprung haben. Ihre Entstehung ist folgendermaßen zu erklären. Dadurch, daß in den oberen Partien des Hochgebirges, sowie im Innern polarer Festländer der Schnee immer liegen bleibt, wird er durch die großen, fortgesetzt dazukommenden Massen zu rundlichen Körnern, dem sog. Firn, zusammengepreßt. Durch Druck und Durchtränkung mit gefrierendem Wasser wandelt er sich zu Firneis und in tieferen Schichten zu Gletschereis um.

Aehnlich dem aus einem See ablaufenden Fluß, kommt der Gletscher aus den Schneefeldern, die seine Nähr- und Sammelgebiete sind. Er wächst heraus aus zahlreichen Schneemulden und Kesseln und fließt langsam herunter bis unter die Schneelinie, die Täler in ihrer ganzen Breite und bis zu einer beträchtlichen Höhe ausfüllend. Die Eismassen können sich infolge ihrer Plastizität den Unebenheiten des Bodens anschmiegen, sich wie ein Fluß durch Schluchten und Engpässe hindurchzwängen und im Tale wieder erweitern. Ueber kleinere Felsen schieben sie sich hinweg, über größere fließen sie hinunter, um sich dabei zu teilen. Starke Unebenheiten des Bodens haben ein Zerbersten der Eismassen (Gletscherspalten) zur Folge; steile Abhänge bringen ein Abstürzen derselben, einen Eisfall mit sich. Die Aehnlichkeit mit dem fließenden Wasser geht noch weiter. Zuweilen vereinigen sich auch mehrere Gletscher zu einem Hauptgletscher. Wie bei einem Flusse die Strömung in der Mitte größer ist als an den Ufern, so dringen auch im Gletscher die mittleren Massen rascher vorwärts als die an den Rändern.

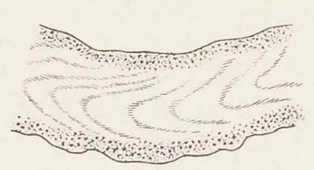


Fig. 2. Schmutzbänder auf einem Gletscher.

Würden wir eine gerade Linie von einem Ufer zum andern ziehen, dann müßte diese nach einiger Zeit eine nach vorwärts gerichtete Kurve zeigen. Staub und Sand auf Gletschern bilden tatsächlich der-

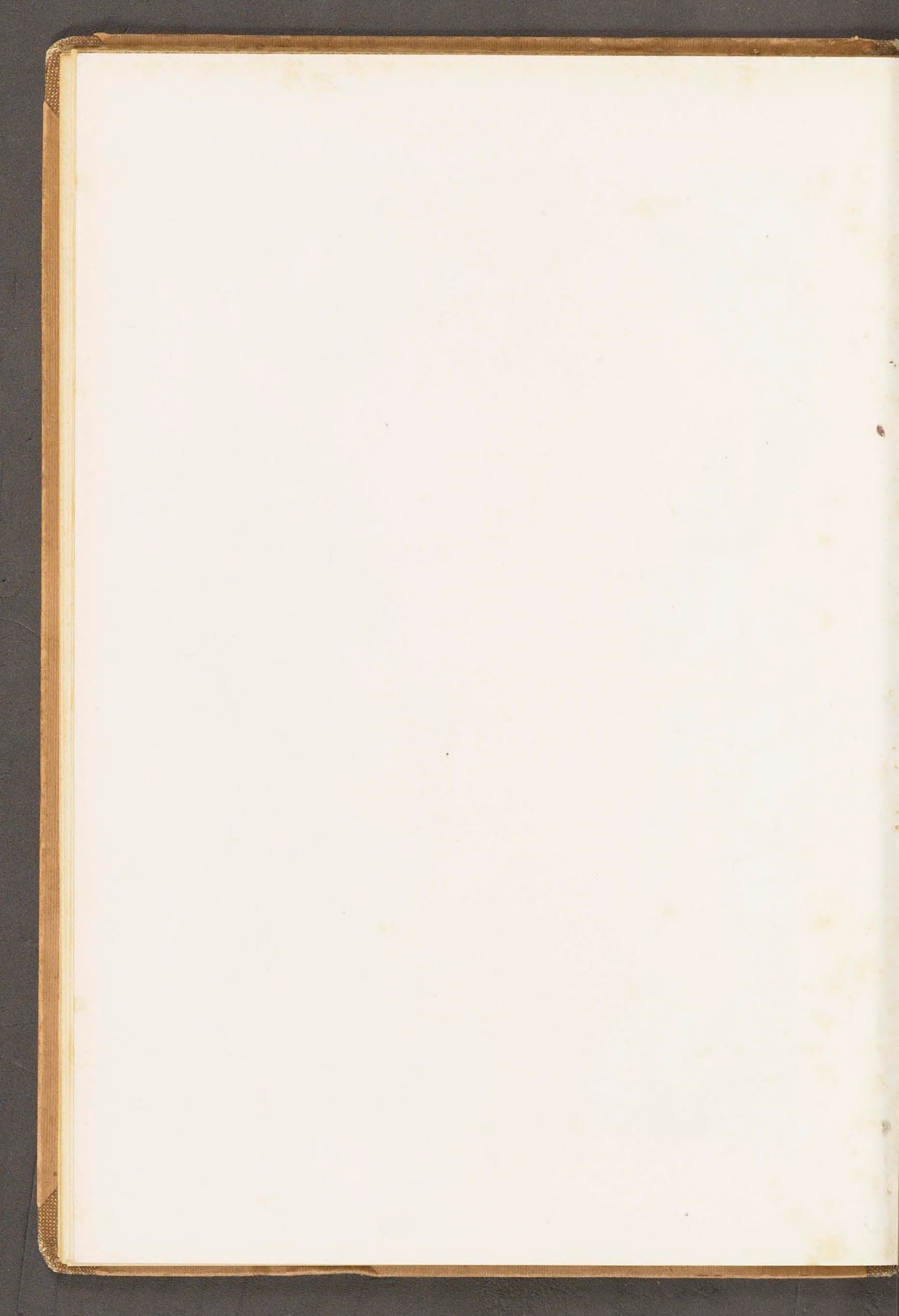
---

[1]) tellus = der Erdboden, also Kräfte, welche ihren Sitz in der Erde haben.



Ideale Gletscherlandschaft (nach F. Simony).

a. Mittelmoräne. b. Seiten- und Randmoränen. c. Gletscherzunge. d. Gletschertor. e. Gletscherbach. f. Gletschersee. g. Gletschertisch.



artige Figuren (Fig. 2). Die Bewegung des Gletschers dem Tale zu ist eine beständige; im Sommer, wo die Schmelzwasser eindringen, ist sie schneller als im Winter.

Je nach der Masse des Eises und der Neigung des Bodens ist die Geschwindigkeit eine verschiedene. Gewöhnlich beträgt die tägliche Bewegung eines Alpengletschers 15—35 cm. Besonders schnell erfolgt die periodische Fortbewegung des Vernagtgletschers, nämlich täglich 12 m. Ebenso überraschend ist die Fortbewegung mancher Grönlandgletscher, die bis zu 70 cm in der Stunde betragen kann. Die Bewegung des Gletschereises ist ein Gleiten auf dem Untergrunde und ein träges Fließen, das infolge des nach dem Tale zu gerichteten Druckes seiner eigenen Masse hervorgebracht wird.

Durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen entstehen auf dem Gletscher Schmelzwasser. Sie durchziehen in unregelmäßigen Kanälen das Eis, um sich am Boden zu kleinen Bächen zu vereinigen. Diese brechen an den sog. Gletschertoren, höhlenartigen Oeffnungen, hervor und treiben als milchig getrübte Bäche dem Tale zu (Taf. 7). Dem Fortschreiten des Gletschers selbst ist an der Schmelzlinie, die 1000 m unterhalb der Schneelinie liegt, eine Grenze gesetzt. Dieselbe variiert, und zwar ist sie von den klimatischen Vorgängen beeinflußt.

Die Vorgänge des Schmelzens und Talabwärtstreibens der Gletschermassen sind nicht ohne großen Einfluß auf die Gestaltung der Umgebung. Indem sich die Eismassen an den Felswänden vorbeidrängen, zerstören sie die durch Frost und Atmosphärilien bereits beschädigten Gesteine. Diese stürzen als Gesteinstrümmer in Massen auf die Eisflächen. In der Mitte sowohl als auch an den Rändern sammelt sich Material, das mit der fortschreitenden Bewegung zu Tale getragen wird. Man nennt solche Schuttmassen Moränen und spricht von Seiten-, Mittel-, Grund- und Endmoränen. Vereinigen sich zwei Gletscher, so wird aus den sich berührenden Seitenmoränen eine Mittelmoräne wie Fig. 3 zeigt.



Fig. 3.
a, b, c, d Seitenwände der Gletscher. (Nach Credner.)
e Mittelmoräne, entstanden durch Vereinigung der Seitenmoränen b und c.

Moränen erreichen mitunter eine Höhe von 50 m und schützen das darunter liegende Eis vor den Strahlen der Sonne. Dasselbe ist der Fall bei isolierten Felsblöcken, die dem Eise aufliegen und ähnlich den Kuppen der Erdpyramiden ihre Unterlage schützen. Man nennt diese mit einem Steinhut versehenen Eissäulen Gletschertische (Taf. 7). (Bestimme wie lange ein mehrere Kilogramm schwerer Eisblock braucht, um bei einer Zimmertemperatur von 16—17° zu schmelzen!)

Während die Felsstücke der Seiten- und Mittelmoränen wenig Gelegenheit haben, ihre Ecken und Kanten abzuschleifen, wird auf das Material der Grundmoräne ganz besonders eingewirkt. Das

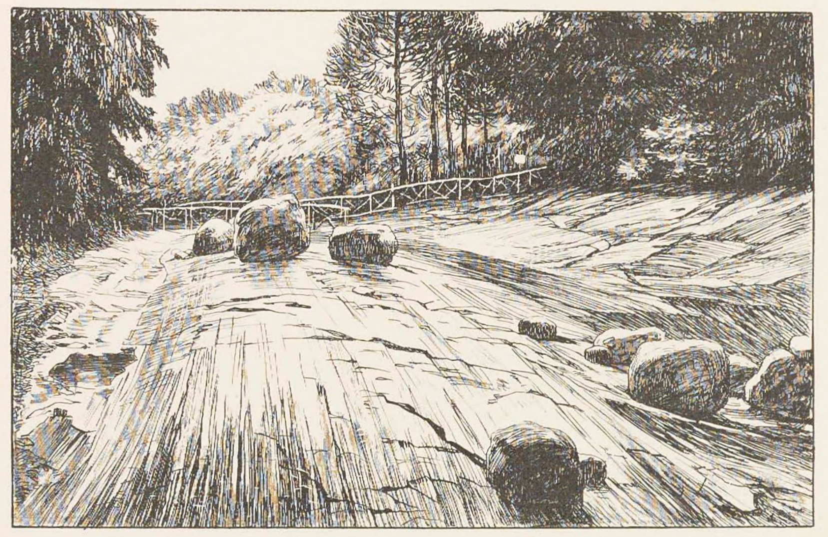
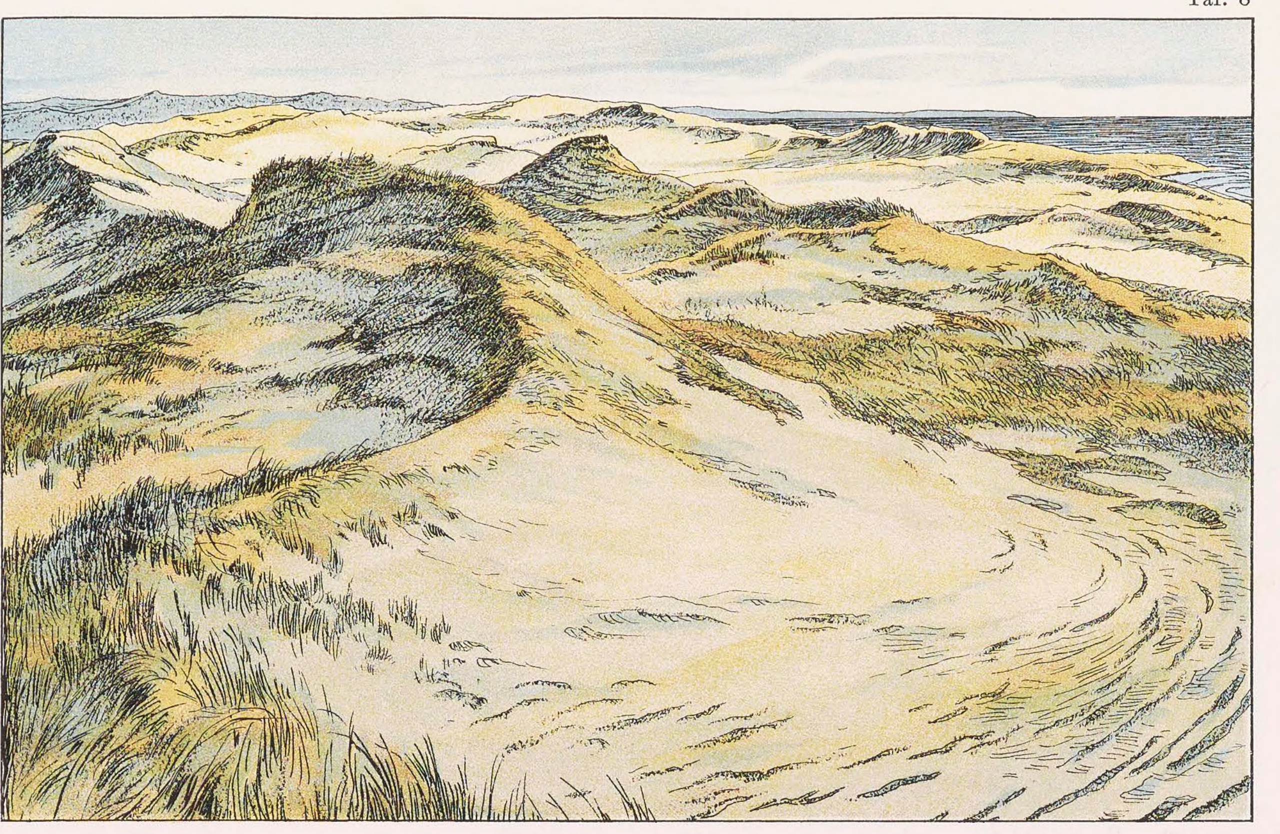


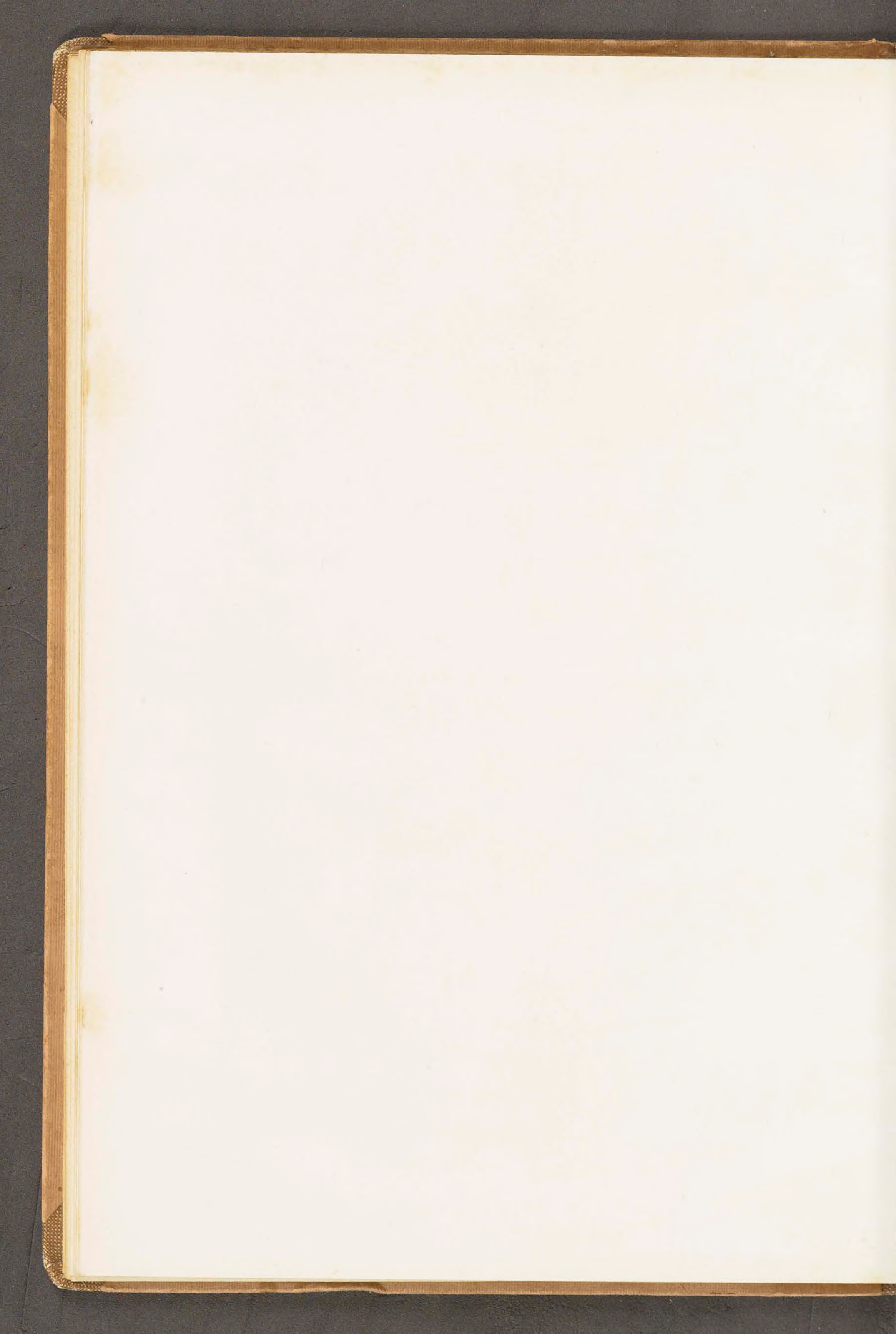
Fig. 4 Gletscherschliffe (Luzern, Gletschergarten).

Eis zerreibt das unter ihm liegende Gestein zu Sand und hinterläßt am Boden Schrammen; es rundet, schleift und glättet, so daß eine lehmig-grusige Schichte mit meist kleinerem Getriebe, die Grundmoräne, entsteht. Die Endmoränen weisen das Gesamtmaterial der Seiten-, Mittel- und Grundmoränen, also große, kantige Bruchstücke sowohl als auch feinstes Mehl auf. Dieses wird von den Schmelzwassern fortgeführt. Um welche Mengen es sich handelt, das zeigen uns die Alpengletscher, worunter manche täglich bis zu 300 000 kg Schlamm abgeben.

Die von einem Gletscher beschrittene Fläche ist für fernste Zeiten gekennzeichnet und zwar vor allem durch die hinterlassenen Schliffflächen und Rundhöcker: (Polierte Felsen mit abgerundeten



Dünenlandschaft auf Sylt.



und geglätteten Erhöhungen, Fig. 4). Solche Erscheinungen zeigen sich in verschiedenen Gegenden Nord-, Mittel- und Süddeutschlands. (Vergl. hierüber die Eiszeit!)

Ueber das Aussehen eines verlassenen Gletscherbettes (Vernagtgletscher) ist folgende Aeußerung eines Fachmannes bemerkenswert: „Ueber 2 km weit zieht sich ein breites, felsdurchsetztes Schuttfeld von abschreckender Oede und Wildheit empor. Bei anhaltendem Regen kommt unheimliches Leben in die starre Landschaft. Muren durchfurchen die abschüssigen Schutthalden, losgewordene Moränenblöcke rollen zu Tal und am Abbruch der Zwerchwand sausen zahllose Felstrümmer hernieder und schlagen mit lautem Getöse auf den Blockhalden auf. Im Frühsommer, zur Zeit der Schneeschmelze, ist hier kein Fuß breit Boden, über den nicht Lawinen fegen." Die eben erwähnten Muren, d. s. Schlamm- und Schuttströme, in die sich die Wildbäche durch Regengüsse oder Schneeschmelze verwandeln, können ungemein verheerend wirken. Man kann behaupten, daß weniger das Hochwasser als die von demselben bewegten Schuttmassen die hauptsächlichsten Verwüstungen im Gebirge anrichten. (Bei Ried im Oberinntal förderten in einem einzigen Jahre die Muren 320 000 cbm Schutt.)

Ob wir das Wasser auf der Oberfläche des Bodens verfolgen oder seine unterirdischen Bahnen betrachten, überall tritt es uns als geologisches Werkzeug entgegen.

Riesige Wassermassen — wenn man bedenkt, daß jährlich etwa 1000 geographische Kubikmeilen Wasser durch die Sonne verdunstet werden, um wieder zur Erde zurückzukehren — durch enorme Zeiträume wirkend, lassen uns die großen, zerstörenden Einflüsse begreifen. Ueberall macht sich das Bestreben geltend, zu nivellieren und die Felsen ins Meer hinauszubefördern, wo feiner Schlamm wieder zu Gestein erhärtet, um die Grundlage zu neuen Gebirgen zu bilden.

Die geologische Tätigkeit des Windes.

Neben der geologischen Tätigkeit des Wassers dürfen wir eine andere, wenn auch bei weitem weniger bedeutende, nicht übersehen, nämlich die des Windes. Zunächst kommt er als Transportmittel für sand- und staubartige Gesteinsfragmente in Betracht. Inwiefern die geologische Tätigkeit des Windes durchaus nicht zu unterschätzen ist, das lehren uns nachstehende Beispiele. Im Jahre 79 n. Chr. wurde während des Ausbruchs des Vesuv die vulkanische Asche bis Syrien und Aegypten getrieben, 512 nach Tripolis, Kalabrien und in die Zentralalpen getragen. Die Aschen des Krakatau-Ausbruchs

verbreiteten sich über ein Gebiet von 800 000 qkm. Aehnliche Verbreitung erfährt der Wüstensand durch den Wind. So sind in älteren wie in jüngsten Zeiten in Süd- und Norddeutschland Staubfälle beobachtet worden, deren Bestandteile mit Sicherheit von afrikanischen Wüsten herrühren, also Entfernungen bis zu 3000 km zurückgelegt haben.

Dünen. An Flachküsten findet das Meer Gelegenheit, Sande abzulagern. Diese werden, sobald sie trocken sind, vom Winde ergriffen, fortgerollt oder -gewirbelt, bis sie an irgendeinem Hindernis (Gräsern, Steinchen) sich anstauen oder am feuchten Boden kleben bleiben oder auch, sobald der Wind nachgelassen hat, durch ihr eigenes Körpergewicht niederfallen. Dann häufen sie sich allmählich zu großen, bis zu 40 m hohen Sandhügeln, den sog. Dünen auf (Taf. 8), welche den sandigen Küsten in Ketten parallel gehen (Dünenkette). Gegen das Meer zu fallen sie flach ab, landeinwärts dagegen steil. Die Tätigkeit des Windes ist dadurch keineswegs beendigt. Indem er, von der Seeseite kommend, den Dünensand landeinwärts treibt, wandern die Dünen weiter ins Festland — mitunter bis zu 6 km im Jahre — wobei ganze Ortschaften begraben werden, die unter Umständen, wie das Dorf Kunzen auf der Kurischen Nehrung, später wieder zum Vorschein kommen können. Aber auch Inlandsdünen, wie jene in der Lausitz und der Dresdener Heide, haben ihre Entstehung dem Winde zuzuschreiben. Gleich dem Wasser erodiert der Wind und trägt vor allem die von der Pflanzenwelt zerkleinerten und gelockerten Bodenbestandteile fort. Indem er die Sandteilchen gegen Felsen wirft, gelingt es ihm, anzuschleifen und auszufeilen, also an ihrer Zerkleinerung zu arbeiten.

Die sog. Inselberge oder Zeugenberge der Wüste sind dadurch entstanden, daß der Wind von verwittertem Gestein große Staubmassen fortführte und damit ein einheitliches Tafelland in einzelne, meilenweit voneinander stehende Berge auflöste. Wie heftig diese Staubmassen aufgewirbelt werden, zeigen uns die Staubnebel, die in Südeuropa als Folge des Wüstenwindes auftreten. Mitunter sind sie sogar noch im Ostseegebiet zu verspüren.

Dadurch, daß der Staub auf eine Vegetationsdecke fällt, wird er festgehalten. Allmählich wächst er mehr und mehr an, bedeckt die Pflanzen, erstickt sie und läßt nichts übrig als röhrenförmige Abdrücke der Wurzeln und harter Teile. Neue Pflanzen sprießen auf dem mehligen Boden; aber auch diese werden bedeckt, und so türmen sich schließlich die Lößlandschaften bis zu 100 m und darüber auf (Taf. 9). Das ist der Fall im Great Basin Nordamerikas, in Persien, Zentralasien, vom Himalaja bis zum Altaigebirge. Auf diese Weise werden Unebenheiten des Bodens ausgeglichen, Hügel verschwinden und Täler werden ausgefüllt. (Nicht selten

ist der Wind der eigentliche Urheber der Salzsteppen. Wenn die Erosion arbeitet und tiefe Rinnen einschneidet, findet eine Auslaugung statt, und die Salze sammeln sich dann in den Steppenseen). Daß mit solchen Umwandlungen eine Veränderung der Pflanzen- und Tierwelt zusammenhängt, liegt in der Natur der Sache.

Die Organismenwelt in ihrer Bedeutung für die Geologie.

Daß die Pflanzen- und Tierwelt auf die Erdoberfläche umgestaltend einwirken, davon haben wir uns in der Mineralogie wieder holt überzeugt. Die Pflanzen zerstören Felsblöcke, in die sie keilförmig ihre Wurzeln treiben, sie bemächtigen sich anderseits der Dünen, um sie festzuhalten und des Schlammes an den Niederungen der Meeresküsten. Sie geben durch ihre Verwesung Kohlensäure an Luft und Gewässer ab und erhöhen dadurch die chemischen Wirkungen des Wassers auf das Gestein. Mächtige Sedimente werden dadurch erzeugt, daß die pflanzlichen Organismen Kalk niederschlagen, oder daß sie, wie z. B. die Diatomeen, Kieselsinter ausscheiden. (Große Diatomeenablagerungen in der Lüneburger Heide und ebensolche bis zu 100 m Mächtigkeit in Kalifornien.)

(Über den Prozeß der Verkohlung, vergl. „Steinkohlenzeit.“!)

Ganz besonders tritt der Einfluß der Tierwelt auf die Erdoberfläche hervor durch die Korallenbauten. In einer Temperatur von 20—25° C errichten in seichten Meeren, geschützt vor Einmündungen von Strömen, die zu den Pflanzentieren zählenden Korallen ihre unter dem Namen Riffe, Bänke usw. bekannten Bauten. Besonders reich an Riffen ist der Stille Ozean, der allein gegen 300 Koralleninseln aufweist. Riffe von 1000 m Mächtigkeit sind nichts Seltenes; manche Barrierriffe haben eine Länge von 2000 km.

Die Tätigkeit des Meeres kommt erst in Betracht, wenn sich die Korallenbauten über die Wasseroberfläche erheben. Dann schlagen die Wellen gegen die Ränder der Bauten, sie zertrümmernd und zu Sand zerreibend; diesen vermengen sie mit zerkleinerten Stücken von Muscheln und anderen kalkhaltigen Substanzen und füllen mit dem Material Höhlungen und Lücken aus. Dann lassen freilich die Bauten nicht mehr die zierlichen Zweige der Korallen erkennen, sondern erscheinen als kompakte Kalkmassen.

In weit geringerem Maße als die Ablagerungen durch Korallen erfolgen die Kalkausscheidungen der Mollusken. Auffällig und durchaus nicht unbedeutend sind die Anhäufungen von Kalk in den sog. Muschelbänken. Größtenteils kommen gegenwärtig die Ansiedlungen von Austern, ferner die Produkte der Mies- und Kammermuscheln in Betracht.

Große Gebiete des Ozeans werden sodann durch Foraminiferen- und Globigerinenschalen bedeckt. Letztere bilden den sog. Globigerinenschlamm, der bis zu 40 % aus kohlensaurem Kalk besteht und einen hervorragenden Anteil von marinen Sedimenten enthält.

Nicht zu unterschätzen sind endlich die winzig kleinen Kieselschalen der Radiolaren; denn sie bedecken den Diatomeen gleich den Meeresboden auf ungeheuere Strecken hin.

Vulkanische Erscheinungen.

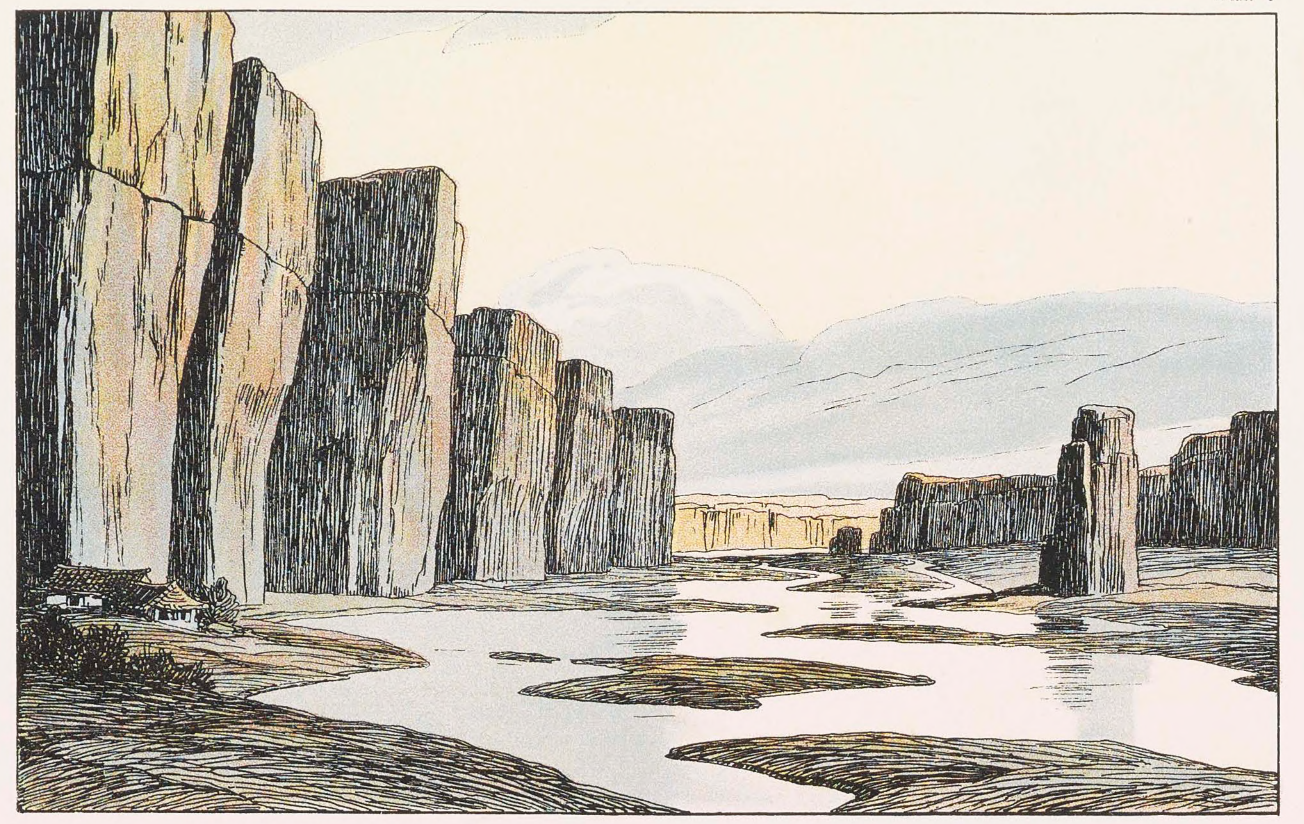
Entstehung der Erde.

Die Frage nach der Entstehung von Gebirgen führt uns zu Prozessen, die mit der Abkühlung der Erde und dem Vulkanismus in innigen Zusammenhang stehen. Wir treten ihr am nächsten, wenn wir bis zu jenen Urzeiten der Erde zurückgehen, wo sie noch als feurig-flüssige Masse ihre Bahn um die Sonne zog. Freilich begeben wir uns damit auf ein Gebiet, das sich der Beweisbarkeit entzieht und lediglich auf Theorien stützt.

Nach langen Perioden von ungeheueren Wärmeverlusten bildeten sich Schlacken. Diese schlossen sich zu einer zusammenhängenden Erstarrungskruste. Wahrscheinlich war diese Kruste gleichmäßig kristallinisch wie etwa Granit; denn die Abkühlung erfolgte langsam, und der Druck der damals viel schwereren Atmosphäre war ungeheuer groß.

In der Atmosphäre waren noch unsre Ozeane in Dampfform nebst andern Substanzen. Die äußeren Teile der Erde sowohl als auch die inneren und innersten wurden mit Gasen (Mineralbildner) und Wasserdampf überladen, so daß die überhitzten Stoffe mit der Atmosphäre in ungeheurer Spannung standen.

Wahrscheinlich war diese Epoche der Verfestigung der Erdrinde die längste von allen in der Geschichte unsres Planeten. Daß die Kruste oft von schmelzflüssigen Massen zerstört wurde, ist wohl sicher anzunehmen (Fig. 5). Mehr und mehr umschnürte die Kruste die flüssigen Innenmassen und kühlte sich im Laufe unschätzbarer Zeiträume so weit ab, daß das Wasser in flüssiger Form herniederprasseln konnte. Es war gesättigt mit verschiedenen Substanzen und wirkte bereits auf die Erdoberfläche, die es



Lößlandschaft in China.



als Weltmeer umgab, chemisch ein (Bildung von Sedimentärgestein). Die Temperatur erniedrigte sich, und die Kruste wurde dicker und dicker. Nun erfolgte die Scheidung von Wasser und Land. Nur wenige Kanäle verbanden



Fig. 5. Ein Teil der Erdoberfläche.
K. Erstarrungskruste. A. Dunsthülle. (Nach Stübel und Weinschenk.)

die Panzerdecke mit dem Erdinnern. Auch diese Verbindung wurde durch die weiter fortschreitende Abkühlung abgeschnitten, und so blieben nur noch schmelzflüssige Reste der einstigen Massenergüsse in geringer Tiefe, welche die heutigen Vulkane speisen (Fig. 6). Hand in Hand mit diesen Prozessen ging ein anderer. Der Erdkern kühlte sich weiter ab, die Rinde aber war zu weit geworden, um sich ihm anzuschließen, so daß sie Falten bildete nämlich Gebirge.

Die Erdoberfläche wird jetzt ausschließlich von der Sonne erwärmt, deren Einfluß bis zu etwa 20 m Tiefe geht. Hier herrscht eine konstante Temperatur. Unterhalb dieser Grenze jedoch beginnt eine Wärmezunahme, die nicht mehr von der Sonne herrühren

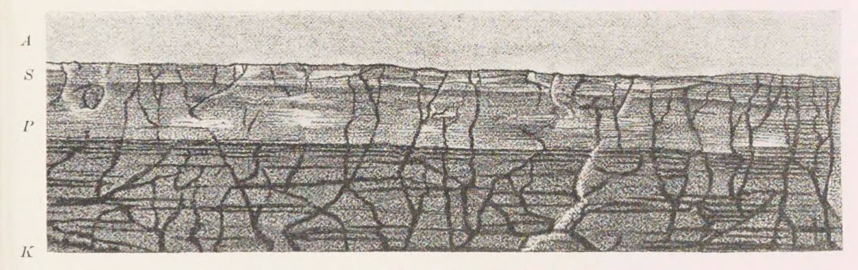


Fig. 6. Ein Teil der Erdoberfläche.
A. Atmosphäre. K. Kruste. P. Panzerdecke mit den Resten der einstigen Massenergüsse. S. Sedimente. (Nach Stübel und Weinschenk.)

kann, sondern von einer tellurischen Wärmequelle. Aus den an verschiedenen Orten in Bohrlöchern, Bergwerken, Tunnels gemachten Messungen geht hervor, daß nach der Tiefe hin eine fortgesetzte Temperaturzunahme zu verzeichnen ist, und zwar beträgt dieselbe

von 33 zu 33 m einen Grad. Allerdings ist man erst bis zu einer Tiefe von 2000 m vorgedrungen, und voraussichtlich wird man auch in Zukunft nur um unwesentliche Strecken weiter kommen. Wenn man jedoch bedenkt, daß heiße Quellen Wasser von 100 Grad Wärme (= 100 . 33 = 3330 m Tiefe) an die Oberfläche bringen, und die Tiefen, aus denen schmelzflüssige Magmen dringen, sogar auf eine Temperatur von 1200 Grad schließen lassen, dann ist wohl anzunehmen, daß in dem Erdinnern enorme Temperaturen herrschen und die Quelle derselben in einem noch glühenden Erdkern zu suchen ist. Die Forschung neigt allgemein zu der Annahme, daß es sich im Erdinnersten um glutflüssige Massen handelt; sie sind als der Rest der ursprünglich feurig-flüssigen Massen unseres Planeten anzusehen.

Ueber Vulkane.

Die ersten Unebenheiten der Erdoberfläche sind durch den Vulkanismus entstanden. Das Material, welches die gegenwärtig tätigen Vulkane hervorbringen, und woraus sie selbst aufgebaut

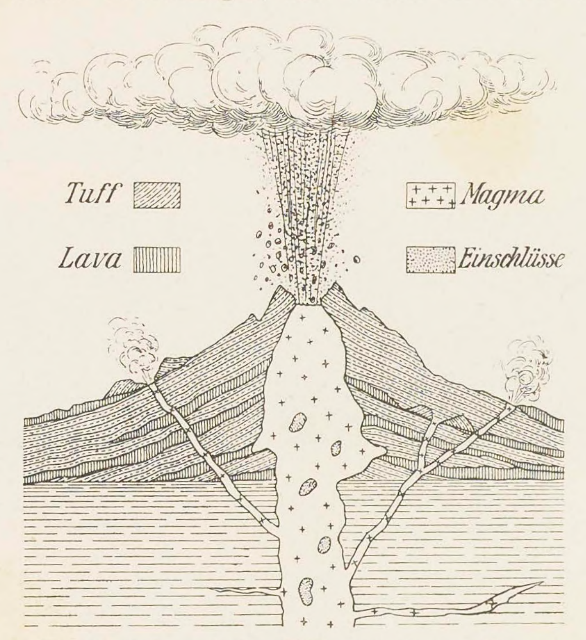
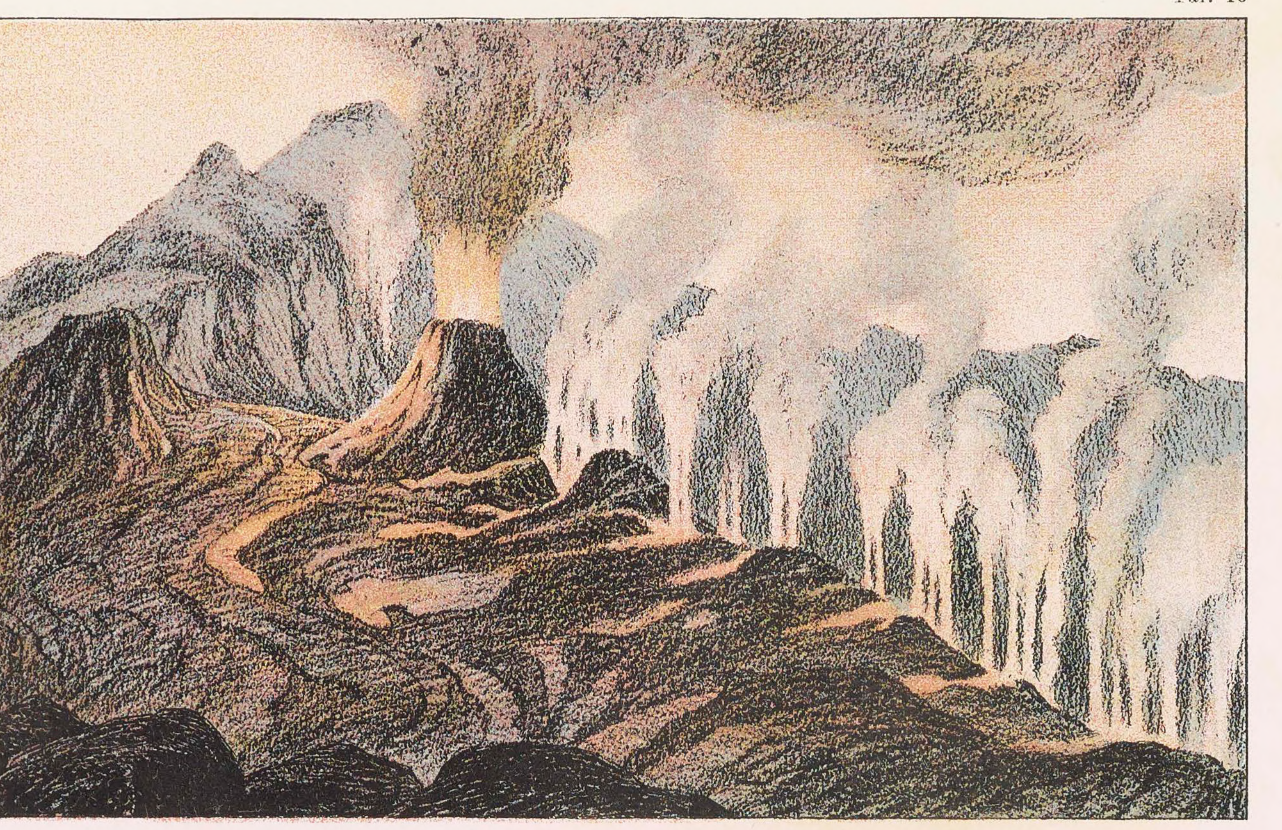


Fig. 7. Schematisches Bild eines Stratovulkans.
Aus Weinschenk, Grundzüge der Gesteinskunde.



Ausbruch aus einem parasitischen Aetnakrater.



sind, ist Lava. Teilweise sind diese Laven dünnflüssig aus dem Ausflußkanal gekommen, wobei sich Schichten bildeten, teilweise haben sich durch die Auswürflinge ringsherum Berge angehäuft. In beiden Fällen entstehen mehr oder weniger regelmäßige Lagen von vulkanischem Material. Wir nennen solche Vulkane Schicht- oder Stratovulkane. (Fig. 7).

Diese kegelförmigen Berge zeigen auf dem Gipfel eine Vertiefung, den Krater. Derselbe führt in den wichtigsten Teil des Vulkans, den Kanal, welcher durch die starre Kruste hindurch bis



Fig. 8. Krater eines Vulkans.

zu den glutflüssigen Herden reicht. So gleicht der Vulkan einem Riesenkamin, durch welchen das gas- und glutflüssige Material abzieht. Bisweilen, und zwar im Zustande der Ruhe oder bei erloschenen Vulkanen, ist der Kanal verstopft.

Die Mündung nach oben, der Krater, kann schacht-, trichter-, kessel- oder tellerförmig sein. An ihm unterscheidet man den Krater-Rand, die -Wände und den -Boden (Fig. 8).

Nicht immer liegt der Krater zentral, er kann auch auf dem Abhange sein und mitunter ganz fehlen. Daß auch eine größere Menge von Kratern vorhanden sein kann (Taf. 10) zeigt beispielsweise der Aetna, welcher außer einem Gipfelkrater noch 700 Kraterkegel besitzt. Der Durchmesser der

Krater ist ein sehr wechselnder. So weist jener des Vesuv 620, der des Aetna 700, der des Kilauea auf Hawaii 4700 m auf.

Die Größe der Vulkane ist bedeutenden Schwankungen unterworfen; es gibt solche von nur 30 m Höhe, während der Aetna 3320 m und der Mauna Kea auf Hawaii 4253 m Höhe aufweisen. Bei einer Reihe von Vulkanen sind die architektonischen Verhältnisse komplizierter Natur, wie z. B. beim Vesuv. Dort ist der eigentliche Eruptionskegel von einem Ringwall (Monte Somma) umgeben, der ebenfalls aus vulkanischen Produkten besteht. Die dazwischen liegende ebene Fläche führt den Namen Atrio del Cavallo.

Die Bildung hat auf folgende Weise stattgefunden: durch Erosion wurden die Kraterränder und später die oberen Teile der Kraterwände zerstört, so daß sie zerbröckelten und in die Tiefe stürzten. Dadurch entstand eine tellerartige Vertiefung, später ein weiteres, von einem Ringwall umgebenes Kesseltal. Nun brach der Vulkan wieder aus, es begann durch die ausgeworfenen Massen ein neuer Kegel zu wachsen, und zwar überragte derselbe bald den Kranz des alten Kraters (Fig. 9).

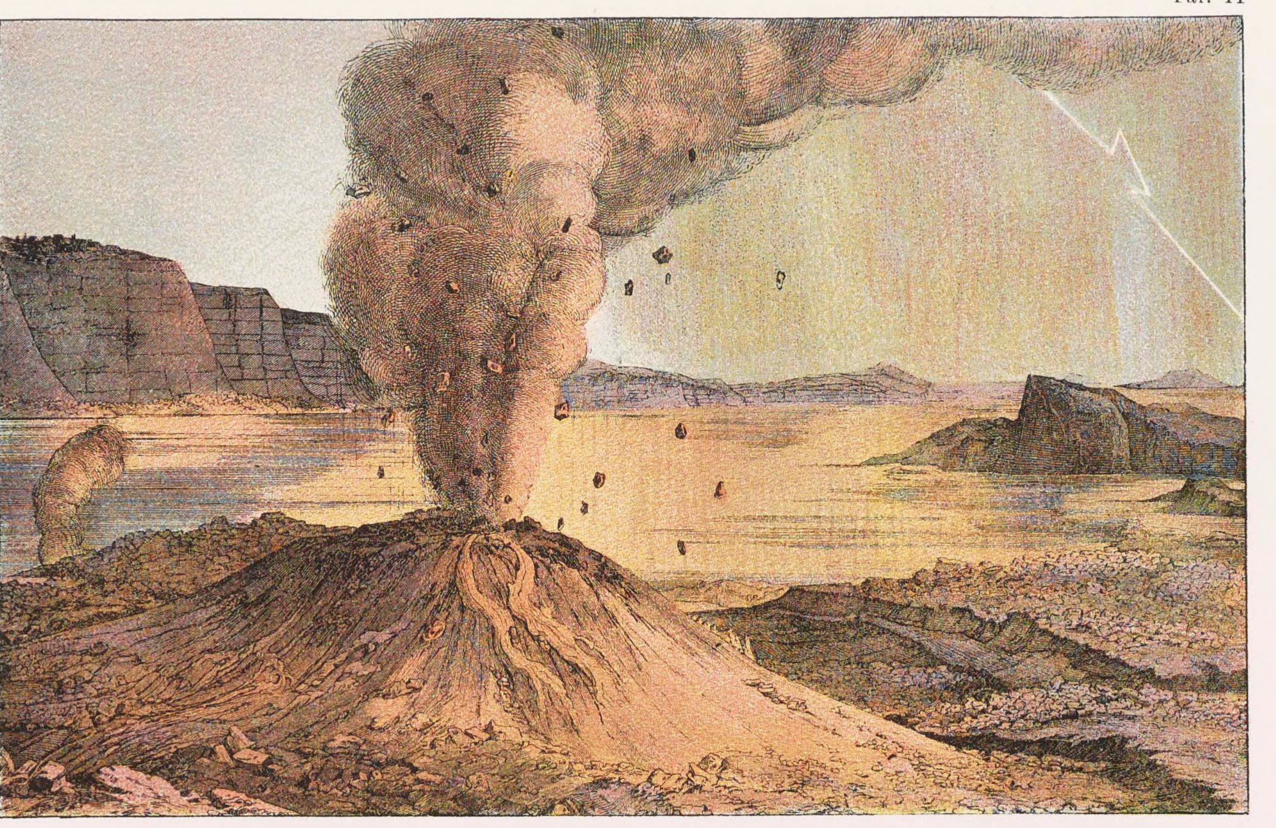


Fig. 9. Durchschnitt des Vesuv von Nord nach Süd.
1. Leuzitporphyr der Somma. 2. Bimssteintuff. 3. Neuere Lava. A. Aschenkegel des Vesuv. S. Die Somma. P. Punta del Palo. T. Torre del Annunciata. M. Meeresspiegel.

Die Tätigkeit der Vulkane kann sich verschiedentlich äußern. Im allgemeinen lassen sich leicht zwei Phasen unterscheiden, eine längere oder kürzere Ruheperiode und ein Zustand der Aufregung der Eruption. Erstere Periode kennzeichnet sich durch ein ruhiges Ausfließen der Lava und Entweichen gasförmiger Produkte, wie Schwefelwasserstoff, Schwefeldioxyd, Chlorwasserstoff, Wasserstoff und vor allem Wasserdampf, der sich durch aufsteigende Dampfsäulen weithin bemerkbar macht. Daß bei einer solchen Anzahl verschiedenster Gase Sublimations- und Zersetzungsprodukte vorkommen, ist wohl als selbstverständlich anzunehmen.

An den Kraterwänden finden sich Quarz, Augit, Hornblende, Glimmer, Zirkon sowie Krusten von Kochsalz, Salmiak usw.

Finden die emporsteigenden Gasblasen an der zähflüssigen Lava einen Widerstand, dann entsteht durch diese Spannung eine Explosion. Die weichen Schlacken werden mehrere hundert Meter hoch in die Luft geworfen und durch rasche Drehung in sog. Bomben verwandelt. Diese fallen zum Teil in den Krater zurück, zum Teil rings um denselben.



Ausbruch des Georg-Vulkans 1866 im griechischen Archipel.



Vulkanausbrüche. Das Entweichen von Gasen und flüssiger Lava kann zu einem furchtbaren Naturphänomen werden, ganz besonders dann, wenn der Krater infolge langer Ruhepausen verstopft wurde, oder wenn der Ausbruch unter explosionsartigen Erscheinungen erfolgt. Unter ungeheurem Getöse fliegen Bruchstücke des Kraters oder Vulkans in die Luft, emporsteigende Dampfblasen schleudern Auswürflinge gegen den Himmel, der sich durch den Aschen- und Sandregen zu verdunkeln beginnt; feurig-flüssige Lava schafft sich in verheerenden Strömen raschen Laufes Bahn. Eine schwarze Rauchwolke erhebt sich mit Blitzesschnelle in die Luft, breitet sich pinienartig aus (Taf. 11), spiegelt die Glut der Lavamassen und gleicht so einer riesigen Feuergarbe. Diese mehrere tausend Meter hoch steigenden Säulen bestehen der Hauptsache nach aus Wasserdampf und werden von Lavamassen, Asche und wieder zurückrollenden Bomben begleitet. Die Erde erbebt unter mächtigem Donnergeroll, Blitze fahren aus den emporsteigenden Säulen, während die sich entzündenden Wasserstoff-, Schwefelwasserstoff- und Kohlenwasserstoffgase, die mitunter eine Höhe von 30000 m erreichen, als riesige Feuergarben die Umgebung in Brand setzen und alle Lebewesen vergiften. Inwiefern sich der Wind der Aschenmassen bemächtigt, haben wir bereits früher gehört.

Gewöhnlich häufen sich die Auswurfsprodukte in der nächsten Umgebung an. Die Aschen des Vesuvausbruchs im Jahre 79 n. Chr. bedeckten Herculanum und Pompeji; Bomben und Lapilli wie die Lava halfen den Berg vergrößern. Werden doch die Auswürflinge des Aetna innerhalb eines einzigen Jahres (1864—65) auf 7 Millionen cbm geschätzt. Noch bedeutender aber sind die Massen, welche gelegentlich des Krakatau-Ausbruchs zu Tage gefördert wurden. Sie betrugen nämlich gegen 18 Millionen cbm.

Derartige Ausbrüche haben vielfach Erhöhungen der Berge im Gefolge; jedoch werden dieselben dadurch, daß die Lava sich durch die Kraterwände einen Ausweg bahnt, häufig eingerissen, ja, es kann sogar vorkommen, daß die Hälfte des ganzen Berges in die Luft gesprengt wird (Krakatau im Aug. 1883). Ganz besonders großen Höhenschwankungen unterlag der Vesuv, wie das die Messungen nach bedeutenderen Ausbrüchen ergeben haben.

Wirkungen auf benachbartes Gestein. Vulkanausbrüche bewirken am Nachbargestein meistenteils große Umwandlungen. Durch die reinen Hitzewirkungen (Frittungen) wird Kalk in Marmor, (vergl. Lehrb. d. Mineralogie S. 79), Braunkohle in Koks oder Anthrazit, Tonschiefer in eine kristallinische Felsart umgewandelt. Infolge des

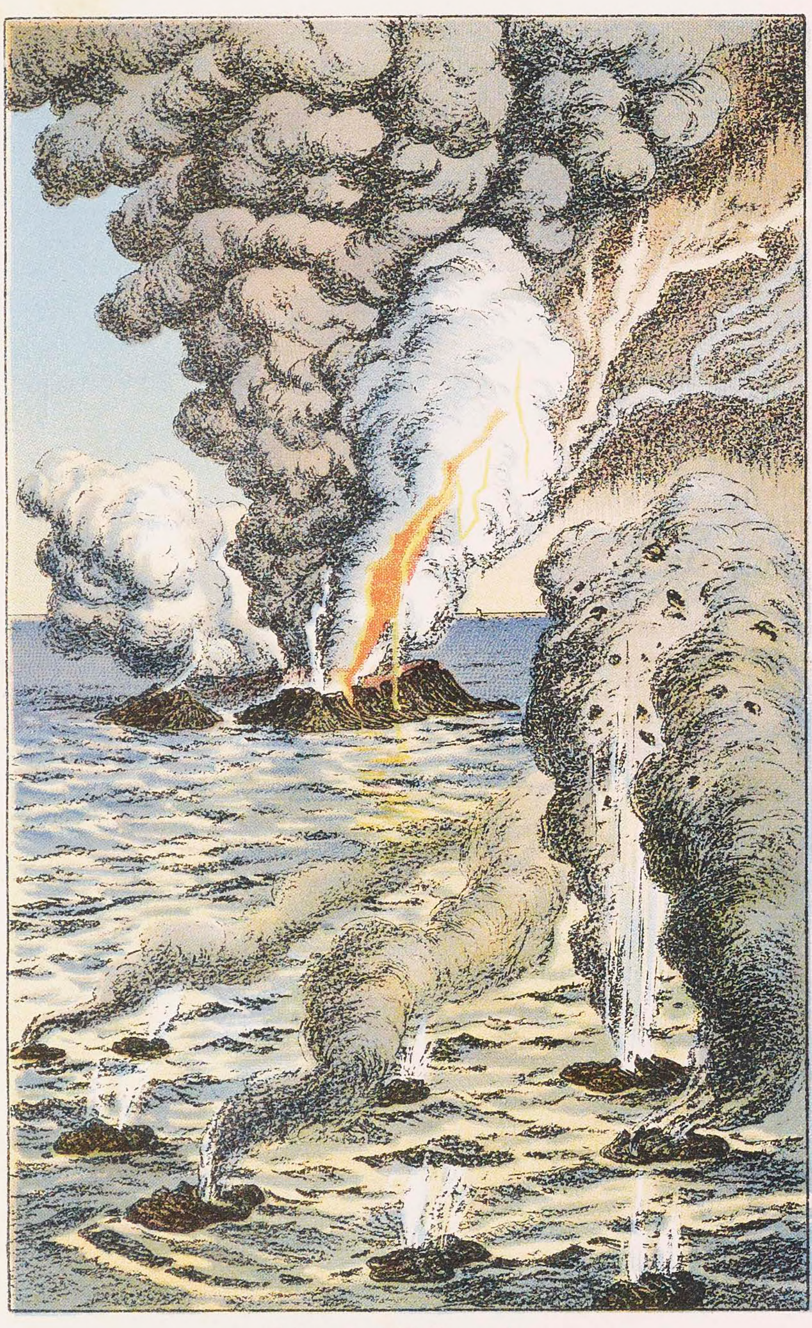
Auftretens von Schwefelsäure (Oxydationsprodukt von schwefliger Säure und Schwefelwasserstoff), wird Kieselsäure ausgetrieben und durch ihre Verbindung mit den Basen entstehen neue Mineralien. Dunkle Gesteine werden gebleicht und in poröse, zerreibliche Tuffe oder tonartige Massen verwandelt (Island, Neapel, Java). Mit diesen Umwandlungen vollziehen sich nicht selten solche von tonähnlichen Massen in Gips (auch Eisenvitriol), teils auf die Weise, daß allmählich faserige Gipsschichten auftreten, teils dadurch, daß die Kohlensäure des Kalkes durch die stärkere Schwefelsäure ersetzt wird (Neapel). Die Lava vermag mitunter in Windeseile den Bergabhang hinabzuschießen. Vertiefungen ausfüllend, wie ein Wasserfall über Hindernisse hinwegstürzend, kann sie sich wie ein Strom teilen oder unten in der Ebene seeartig erweitern. Dabei entweichen fortwährend Gase und Dämpfe — Chlorverbindungen, Wasserdampf, schweflige Säure — unter blasiger Auftreibung der allmählich zäh werdenden Masse. Dadurch und durch den weiteren Umstand, daß die zu einer Decke erhärtete Oberfläche durch neu herausquellende Lava öfters zerrissen wird, erhält dieselbe mannigfaltige Formen. Wie beträchtlich die Lavaströme werden können, zeigt der von dem Mauna Loa auf Hawaii entsandte, 72 km lange, 6 km breite und 80 m mächtige Strom.

Die Vulkane bilden häufig Reihen oder Gruppen. Für erstere Anordnung gibt uns der Aetna ein Beispiel, denn dieser hat im Jahre 1874 auf einer Strecke von 5 km 36 Kegel aufgeworfen. Ausgezeichnete Beispiele für Gruppen sind die phlegräischen Felder (20 unordentlich zerstreute Vulkane) und die Gebiete der Eifel und des Lachersees.

Was die Verteilung der Vulkane über die Erdoberfläche anlangt, so tritt uns in dieser Hinsicht eine höchst auffallende Tatsache entgegen. So ist der Große Ozean von einem Vulkankranz umrahmt, der sich an der Westküste Nord- und Südamerikas entlang bis Shetland zieht und sich anderseits über Neuseeland und die Philippinen bis Alaska erstreckt. Ferner finden wir eine Anhäufung von Vulkanen im Mittelmeergebiet und in Südasien (Andamanen, Sunda-Inseln). Wir sehen also, daß sich die Vulkane dem Meere entlang hinziehen oder es umsäumen. Die Vulkane der Eifel und Auvergne machen insofern keine Ausnahme, als früher sich das Meer bis dorthin erstreckte.

Vulkanfrei sind die ausgedehnten Kontinentflächen Nordeuropas, Nordasiens, das östliche Nord- und Südamerika sowie große Teile Afrikas.

Diese merkwürdige Verteilung gab zu denken Anlaß, und man hat auch einen Erklärungsgrund gefunden. (Vergl. Seite 24).



Submariner Vulkanausbruch.
Entstehung der Insel Ferdinandea bei Sizilien im Jahre 1831.
Aus Sieberg, Der Erdball.



Von den aus dem Meere ragenden Vulkanen sei der Stromboli, aus einer Tiefe von 2300 m aufsteigend (Höhe 926 m), und der Mauna Kea mit 4253 m Höhe (aus einer Tiefe von 6000 m) erwähnt. Ein bekannter submariner Vulkanausbruch vom Jahre 1831 führte zur Entstehung der Insel Ferdinandea bei Sizilien (Taf. 12). Im allgemeinen haben solche unterseeische Vulkane, deren Zahl übrigens sehr groß ist, kurzen Bestand, (Ferdinandea, 72 m hoch, verschwand nach einem halben Jahre wieder), vermögen also den Meereswogen wenig Widerstand zu bieten. Die Ausbruchserscheinungen gleichen jenen der kontinentalen Vulkane; ihre verheerenden Wirkungen zeigen sich darin, daß in größerem Umkreis die Seetierwelt vernichtet wird. Erwähnenswert ist die große Zahl der herumschwimmenden, von Vulkanen erzeugten Bimssteine.

Maare. In den vulkanischen Gegenden der Eifel und der Schwäbischen Alb treten eine Anzahl von kesselartigen von einem Ring von Aschen und vulkanischen Steinen umgebenen Kratereinsenkungen auf. Die Wälle sind niedrig, aber steilwandig; häufig ist der ebene Boden mit Wasser gefüllt. Diese kleinen Seebecken führen den Namen Maare und veranschaulichen das erste Stadium in der Entstehung eines Vulkans (Taf. 13).

Solfataren, Fumarolen, Mofetten. Den Ausbrüchen eines Vulkans kann eine jahrhundertelange Ruhepause folgen (Vesuv). Selbst in sog. erstorbenen Vulkanen, von deren Tätigkeit jegliche Ueberlieferung fehlt, treten noch heute Zeugen einstiger Eruptionen zutage. Es sind das die Solfataren, Fumarolen und Mofetten.

Mit Solfataren bezeichnen wir Ausströmungsstellen von Schwefelverbindungen (Solfatare, ein alter Krater bei Neapel).

Fumarolen sind Ausströmungsstellen von Wasserdampf. Neapel, Nationalpark.

Aus Mofetten dringt Kohlensäure, wie z. B. in der Hundsgrotte bei Neapel und an unzähligen Stellen der Eifel und des nördlichen Böhmens, wo sie frei oder als Sauerquelle zum Vorschein kommt. Einzelne von diesen Quellen geben alljährlich gegen 12 000 cbm Kohlensäure an die Atmosphäre ab.

Massige Vulkane. Während die geschichteten Vulkane auf eine größere Zahl von Ausbrüchen und ein allmähliches Entstehen schließen lassen, sind die sog. massigen Vulkane, die gewöhnlich glocken-, kuppen- oder auch domförmig sind, wohl mit einem Male entstanden. Darauf deuten die Formverhältnisse wie Säulen (Basalt) und Schalen (Phonolith) hin; das Festwerden wurde nicht unterbrochen. Gewöhnlich handelt es sich um Trachyt-, Phonolith- und Basaltkuppen, um Berge von gleichartigem Gestein ohne Kraleröffnung und mit verstopftem Eruptionskanal (Drachenfels, Milleschauer, Landeskrone). Nicht selten haben die flüssigen Massen die Erdoberfläche nicht erreicht, sondern dieselbe nur gewölbt; dabei haben sie sich zwischen die Gesteinslagen eingezwängt, um sodann

zu unterirdischen Kuppen zu erstarren. Man spricht in diesem Falle von Lakkolithen[1] (Fig. 10).

Bisweilen breiten sich die an die Oberfläche gelangten Massen deckenartig aus, ihr meist stielartiger Eruptionskanal ist in diesem Falle nachweisbar (Meißner, Stolpener Schloßberg).

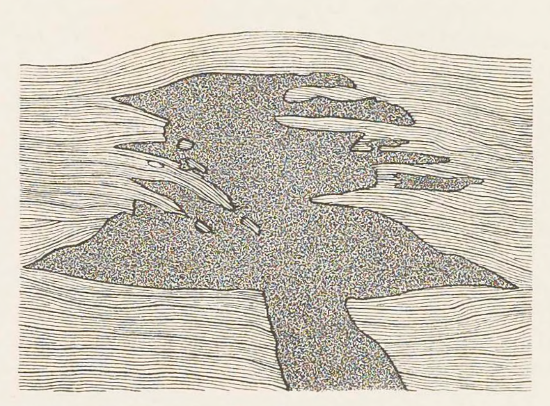


Fig. 10. Lakkolith. Das Magma hat die Sedimente gehoben und gesprengt.
Aus Weinschenk, Grundzüge der Gesteinskunde.

Durch die vulkanische Tätigkeit wird die Erdoberfläche stofflich verändert und an Material bereichert, welches nach und nach verwittert. Hierin liegt eine für die Pflanzenwelt nicht zu unterschätzende Bedingung für einen fruchtbaren Boden (Asche). Das zeigen uns die Vulkaninseln Griechenlands, Kampanien und die Südküste von Java.

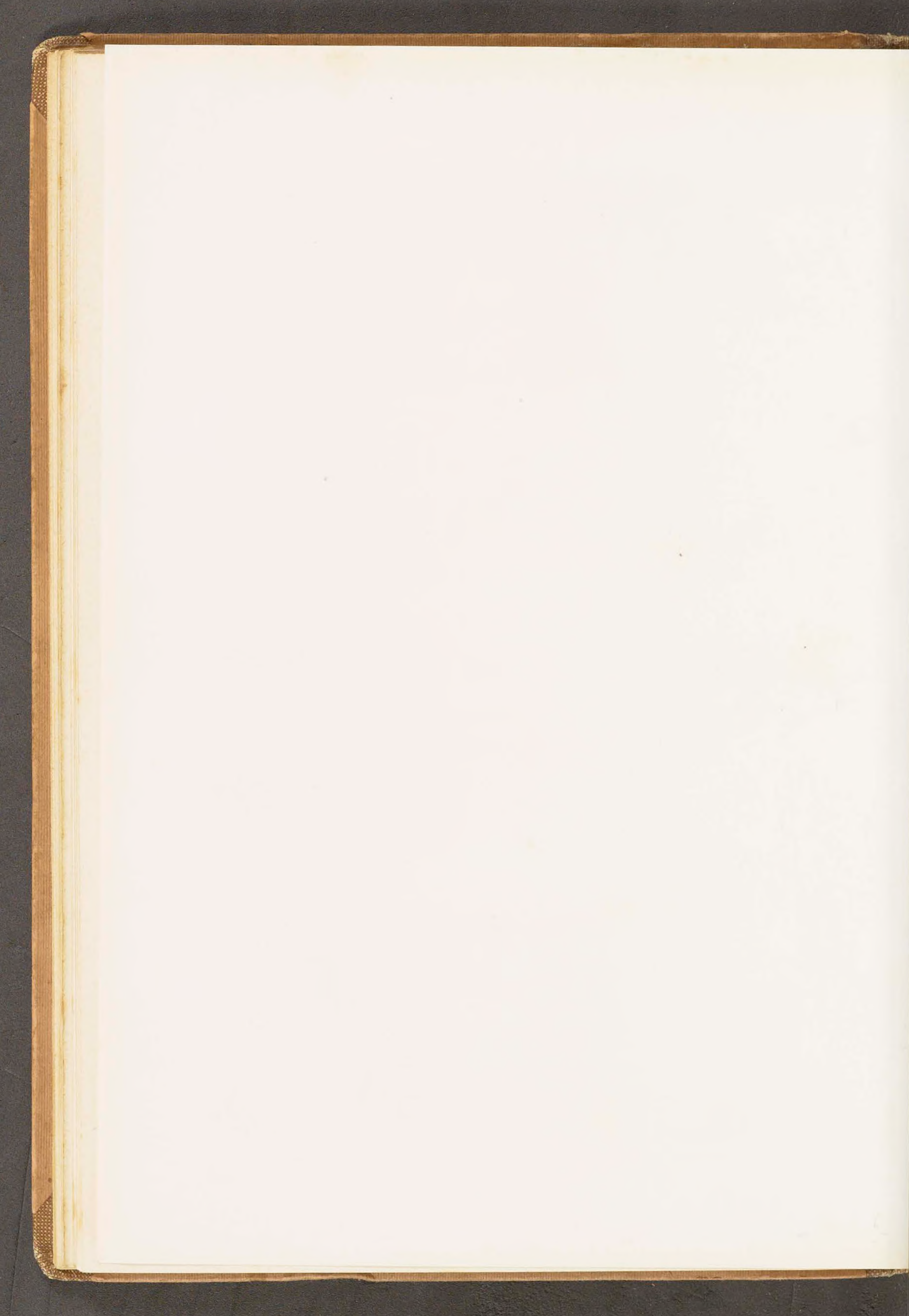
Worin liegen nun die Ursachen vulkanischer Ausbrüche? Wie schon auf Seite 17 erwähnt, nimmt man peripherisch gelegene Magmaherde an, welche mit dem Erdinnern in keinem Zusammenhange mehr stehen, reich an Gasen und von Gestein umgeben sind. Für die massigen Vulkane dürften Volumenvergrößerungen des Magmas eine Erklärung geben. Bei den Stratovulkanen spielt das Wasser, das sowohl in die Eruptionskanäle als auch durch die Spalten und Klüfte eindringt, jedenfalls eine große Rolle. Dadurch findet auch die merkwürdige Tatsache des Auftretens von Vulkanen an Meeren eine interessante Beleuchtung; denn wahrscheinlich dringt Wasser durch verborgene Spalten in die Vulkane ein, um sodann als Dampf seine gewaltigen Einflüsse auf die Eruption geltend zu machen. (Vergl. S. 22.)

Erdbeben.

Schon durch das Einstürzen von unterirdischen Höhlen können Erderschütterungen entstehen. Wenn diese auch nur von lokaler

[1] Lakkos = Grube.

Maar in der Eifel.



Bedeutung sind, so dürfen sie doch in ihren verheerenden Wirkungen nicht unterschätzt werden. Gewöhnlich haben diese Erscheinungen in der Tätigkeit des Wassers ihre Ursache. (Siehe Mineralogie unter Gips!)

Weit ausgedehnter und furchtbarer in ihren Folgen sind die durch den Vulkanismus bewirkten Erderschütterungen. Jede Eruption bedeutet auch ein Erdbeben, das sich mehr oder weniger weit im Umkreis des Vulkans bemerkbar macht. Man hat sogar schon beobachtet, daß Ausbrüche des Hekla Erderschütterungen in Skandinavien verspüren lassen.

Erdbeben können auch entstehen, wenn sich die bereits erwähnten Magmaherde ausdehnen und gegen die Erddecke drücken, ohne sie zu durchbrechen. Die meisten Erderschütterungen haben jedoch ihre Ursache in der noch fortwährend stattfindenden Zusammenziehung der Erde.

Gewöhnlich handelt es sich bei den Erdbeben um senkrecht gerichtete Stöße. Sie können verheerend wirken, Steine und Häuser in die Luft schleudern und vieler Menschen Untergang werden. Von dem Gebiete, das durch einen solchen Stoß betroffen wurde, gehen in der Regel wellenförmige Bewegungen aus, und zwar sind dieselben sowohl am Erdboden als auch namentlich an Wäldern gut sichtbar (Stoßbeben, Wellenbeben). Sie gleichen den Wellen des Wassers, die durch einen hineingeworfenen Stein hervorgerufen werden, und nehmen allmählich ab. Beide Arten von Beben sind häufig vorhanden.

Um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Dauer zu bemessen, sowie auch um die leiseste Erderschütterung anzuzeigen, bedient man sich eines sog. Erdbebenmessers (Seismometer). Darnach hat man festgestellt, daß die Geschwindigkeit bis zu 13 300 m in der Sekunde betragen kann. Die Dauer des Erdbebens richtet sich nach der Zahl der Stöße, die wiederum zwischen einer geringen Zahl und mehreren hunderten schwanken kann. Mitunter können die Erdbeben in einem bestimmten Gebiete wochen-, monate-, ja jahrelang mit kurzen Unterbrechungen anhalten (Erdbebenschwärme). Wie weit sich ein Erdbeben fortpflanzen kann, hat uns Lissabon gezeigt. Nach den damaligen Aufzeichnungen wurde ein Gebiet von 100 000 Quadratmeilen betroffen. Nach unsern Seismometern pflanzen sich übrigens große Erdbeben über die ganze Erde fort.

Häufen sich Erdbeben, so daß sie monate- oder jahrelang anhalten, so spricht man von Erdbebenperioden. So werden das Vogtland, die Alpen (östlicher Abbruch), Japan häufig von Erdbeben heimgesucht. Man spricht von „Schüttergebieten“, und es läßt sich häufig ein Zusammenhang mit vorhandenen Bruchlinien in solchen Gebieten finden.

Furchtbar und gewaltig sind die Wirkungen der Erdbeben. Lissabon wurde in fünf Minuten gänzlich zerstört. Das Erdbeben in Ekuador (1868) forderte in fünfzehn Minuten 70000 Menschenleben, in Chios stürzten am 3. April 1880 14000 Häuser ein. San Franzisko wurde (1906) in wenigen Augenblicken vernichtet, und das furchtbare Erdbeben von Messina (1908) hat weit über 100000 Menschen das Leben gekostet. Wie ungeheuer die Erschütterungen sein können, zeigt sich in der Tatsache, daß große Felsmassen in die Täler stürzen und Verschiebungen, Spalten und Risse (Taf. 14), mitunter bis zu mehreren Kilometern Länge (Japan) entstehen und Verwerfungen zur Folge haben. Nicht selten dringen aus solchen Klüften mit großer Gewalt erhebliche Wassermassen.

Geringer in ihren Folgen sind die Seebeben, soweit sie auf offenem Meere stattfinden. Jedoch können auch an den Küsten große Verheerungen dadurch entstehen, daß das Meer zurücktritt, um mit voller Wucht wieder gegen das Ufer zu tosen. Auf diese Weise werden Schiffe landeinwärts getragen und Dörfer und Städte überflutet und zerstört.

Ueberblickt man die Verteilung der Erdbeben über die einzelnen Gebiete der Erde, dann fällt es auf, daß vor allem die Gebirgsgegenden und die gebirgigen Küsten heimgesucht werden; hingegen bleiben die großen Ebenen und Binnenländer wie Rußland und Norddeutschland hiervon verschont. Diese Tatsache legt es nahe, in dem Faltungsprozeß der Erde den Anlaß zur Entstehung des Erdbebens zu suchen.

Die Abkühlungserscheinungen der Erde und die damit Hand in Hand gehende Zusammenziehung der Massen bringen Spannungen und Berstungen mit sich. Schollen, die voneinander getrennt werden, haben das Bestreben, in die Tiefe zu sinken. Dies gelingt ihnen jedoch nur, wenn anderwärts Faltungen und Erhebungen eintreten; denn dadurch wird erst Raum geschaffen und der gegen diese Schollen gerichtete Druck aufgehoben. Nun entstehen die als Graben- und Kesselbrüche bekannten Senkungen. Der größte Teil der Erdoberfläche ist auf diese Weise gesunken und wurde vom Wasser, den Ozeanen, erfüllt. Das Becken des Großen Ozeans ist eine ungeheure Festlandsscholle, die abgesunken und vom Meere bedeckt worden ist. (Besondere Entfaltung der vulkanischen Tätigkeit da, wo Bruchstellen der Erdrinde eine Verbindung zwischen Oberfläche und Erdinnerem ermöglichten.)

Aber auch auf den emporgepreßten Schollen, den Kontinenten, sind Versenkungen zu beobachten, wie uns das der Absturz der Alpen in die lombardische Ebene oder jener des Erzgebirges in das nordböhmische Tiefland unter andern zeigen. Die durch das Brechen, Reißen und Fallen der Erdschichten entstehenden Erschütterungen des Bodens nennt man tektonische Erdbeben.



Spalte am Monte Sant' Angelo in Kalabrien, entstanden beim Erdbeben im Jahre 1783.



Heiße Quellen.

Ebenfalls vulkanischen Ursprungs sind die heißen, wahrscheinlich aus ganz beträchtlichen Tiefen kommenden Springquellen (Geiser). Bekanntlich lösen sich in warmem Wasser erheblich größere Quantitäten von Salzen (Kochsalz bildet eine Ausnahme) als im kalten. Und so zeigt es sich auch, daß schon unsre Thermen (wie Baden-Baden 86°, Karlsbad 75°, Teplitz 37° usw.) das

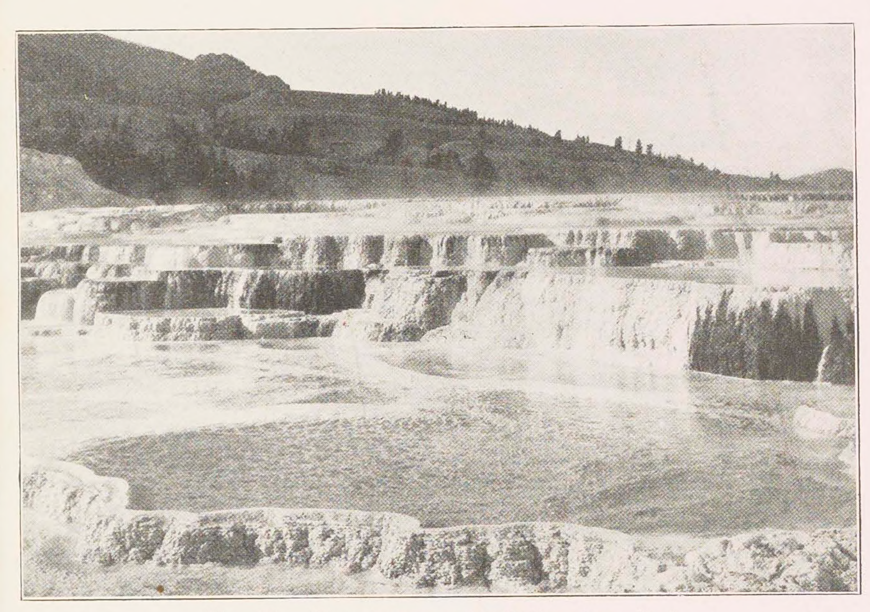


Fig. 11. Sinterterrassen im Yellowstone Park.
Nach Photographie im Besitz von Prof. Dr. B. Weigand in Straßburg i. E.
Aus Sieberg, Der Erdball.

Nebengestein stark auslaugen und in gelöster Form große Mengen von Karbonaten, Sulfaten, Eisenoxydulen wegführen (Karlsbad z. B. alljährlich etwa 50 000 Zentner Glaubersalz). Unsre heißen Quellen, von denen die in dem Vulkangebiete des Hekla liegenden sowie die auf Neuseeland und im Nationalpark am Yellowstone erwähnt seien, scheiden große Mengen von Kieselsinter ab (Fig. 11 u. 12). So zeigt ein Isländer Geiser einen 4 m hohen Kegel von ca. 40 m Durchmesser (in dem Gipfel desselben ist ein Becken von 1,5 m Tiefe und 18 m Durchmesser), den er allmählich aus Kieselsäure aufgebaut hat. Gewaltige Ablagerungen von Kraterkesseln, Terrassen, Kuppen, Quell-

röhren weisen die genannten amerikanischen Quellen auf und zwar kommen die Abscheidungen von Kieselsinter unter Beihilfe von Algen zustande.

Die Ausbrüche heißer Quellen beginnen damit, daß aus der mit Kieselsinter polierten, vom Becken in die Tiefe führenden Röhre unter donnerähnlichem Rollen und Erschütterungen heißes Wasser in das gefüllte Becken fließt. Dort fängt es an zu wallen und zu kochen bis mit einem Male unter Zischen eine in Dampfwolken gehüllte Wassersäule gegen 60 m in die Höhe geschleudert wird. Höchst wahrscheinlich wird das Wasser in größeren Tiefen

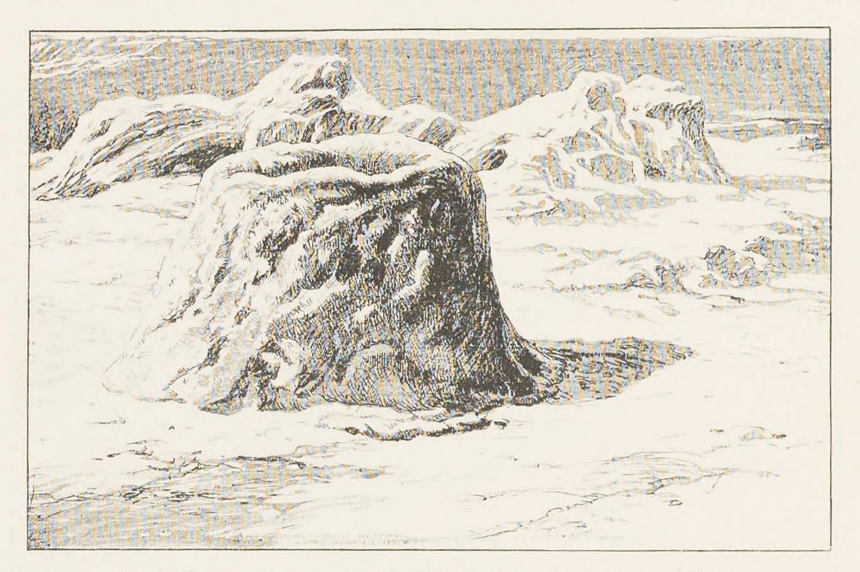


Fig. 12. Sinterkegel des Beehive-Geisers (Yellowstone Park).

über 100° erhitzt. Durch die darüber liegenden Wassermassen kommt es jedoch unter einen so hohen Druck, daß es sich nicht in Dampf verwandeln kann. Nimmt jedoch die Wärme fortgesetzt zu, wird also schließlich auch die Temperatur erreicht, bei welcher selbst unter so hohem Druck Dampfbildung eintritt, dann erfolgt das Herausschleudern der Wassermassen.

Gebirgsbildung.

Hebungen und Senkungen des Bodens.

Noch heute finden Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche statt. Dieselben sind jedoch so unbeträchtlich, daß sie im Innern

des Festlandes überhaupt nicht und an den Küsten nur innerhalb längerer Zeiträume nachgewiesen werden können. Ein bekanntes Beispiel für Hebung des Landes zeigt uns die Küste Skandinaviens (Bergen), und zwar beträgt die höchste Hebung über 200 m. Den Nachweis für diese Niveauveränderungen liefern die in den Sand- und Tonablagerungen auftretenden marinen Tierreste. Aus den angestellten Messungen (eingehauene Wassermarken) ergab sich eine Hebung von 1,40 m im Laufe eines Jahrhunderts.

Senkungen zeigen unsre deutschen Küsten (Schichten mit eingewurzelten Baumstämmen, Bernsteinfichte). Von Holland ist in den letzten 500 Jahren die ganze Fläche des Zuider-Sees gesunken. Ferner senkt sich der Süden von Grönland und die Bretagne. Einen Beweis für ozeanische Senkungen liefern uns die Bauten der Korallen. Von diesen Tieren ist bekannt, daß sie nur bis zu einer Tiefe von 40 m existieren können. Daraus nun, daß die Korallenbauten in bedeutenden Tiefen angetroffen werden, kann man auf eine Senkung des Bodens schließen. (Die kleinen Wesen starben ab, sobald sie unter 40 m gerieten, und andre Generationen bauten weiter nach oben.)

Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche und die damit bedingte Verteilung von Wasser und Land haben sich in der Geschichte der Erde vielfach wiederholt, und zwar spielten sich diese Prozesse nicht plötzlich, sondern allmählich ab.

Dasselbe trifft auch zu hinsichtlich der Bildung tektonischer Gebirge. Im allgemeinen entstehen Gebirge auf drei Arten. 1. Durch Erosion aus Hochplateaus. 2. Durch den Vulkanismus, indem sich Magma, aus dem Erdinnern kommend, anhäuft (Massengebirge). 3. Durch die Abkühlung der Erde (tektonische Gebirge). Durch die beständige Wärme veranlaßt, zieht sich die Erde, wie bereits hervorgehoben, langsam zusammen, die Erdrinde wird (eintrocknender Apfel) für den Erdkern zu weit. Die letzte und zugleich häufigste Art von Gebirgsbildung beruht auf einem Faltungsprozeß. Dieser setzt einen seitlichen Druck voraus, sowie daß die Schichtgesteine trotz ihrer Starrheit biegsam sich verhalten. Um dieses zu ermöglichen, müssen die Gesteine von oben her stark belastet sein, und daraus folgt wieder, daß die Faltung nur in einer geringen Tiefe der Erdkruste vor sich gehen kann. (Veranschaulichung eines Faltenwurfes durch Tuchlappen, die man seitlich ineinander schiebt). Druck und Wärme macht jedes Gestein plastisch.

Schichtung und Faltung.

An jedem Bache und Graben kann man beobachten, wie Sand und lehmiger Schlamm abgesetzt werden, so daß durch Wiederholung dieses Vorgangs parallele Anlagerungen entstehen. Im großen finden wir diesen Vorgang im Meere wieder; dort bilden sich Riesenschichten, welche, wenn hoher Druck sie verfestigt hat, geschichtete Gesteine genannt werden. Bilden sie Gebirgsglieder oder Gebirge (Sandstein), so unterscheiden sich diese beispielsweise von den Granit-, Syenit- oder Basaltgebirgen durch eine regelmäßige Reihenfolge aufeinanderlagernder Schichten. (Dasselbe ist auch bei solchen Schichten der Fall, welche ihr Dasein der chemischen Wirksamkeit des Wassers verdanken.)

Unter einer **Schicht** verstehen wir eine plattenförmige, von parallelen Flächen begrenzte Gesteinsmasse sedimentären Ursprungs (Taf. 15,1). Die sog. Schichtflächen, d. s. Begrenzungsflächen, weisen in ihrem charakteristischen Parallelgehen auf die verschiedenen Unterbrechungen der Niederschlagsarbeit hin. Man bezeichnet die Grenze nach der jüngeren, oberen Schicht hin als Dachfläche, die Begrenzung nach der älteren, unteren als Sohlfläche. Die obere Schicht heißt das Hangende, die untere das Liegende.

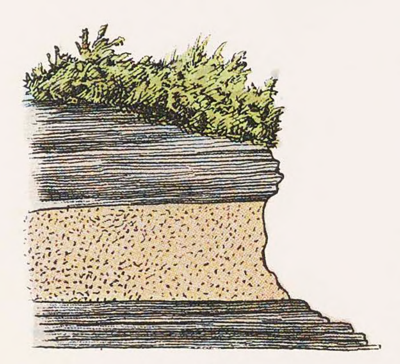
Gewöhnlich zeigt sich auch innerhalb der Begrenzungsflächen eine Parallellagerung von Schichten und zwar kann man solche Flächen entweder an der Färbung oder an der leichten Spaltbarkeit u. a. erkennen.

Kalk- und Sandsteinschichten (vergl. Mineralogie!) weisen außerdem zwischen den einzelnen Lagern dünne Belege von Letten und Ton auf.

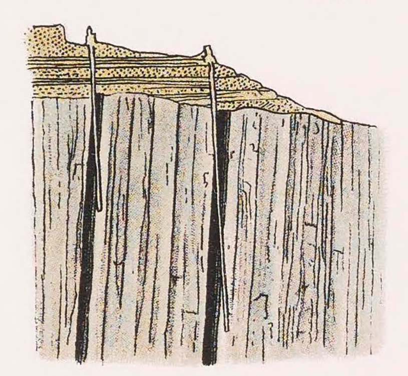
Die Mächtigkeit einer Schicht nennen wir den senkrechten Abstand der beiden Begrenzungsflächen, also die Dicke der Schicht. (Nach der Art der Gesteine oder der eine Schicht bildenden Mineralien spricht man von Bänken, Flözen, Lagern, Riffen.)

Das Ausgehende einer Schicht nennt man die Stelle, wo die Schicht in horizontaler Lage zutage tritt, ist sie steil aufgerichtet (Taf. 15,2), so spricht man von einem Schichtenkopf.

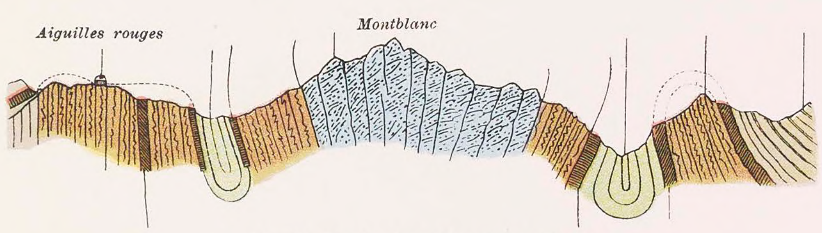
Nur in seltenen Fällen sind die Schichten in der Lage, in der sie sich abgesetzt haben, erhalten geblieben. Vielmehr wurden durch die fortschreitende Abkühlung der Erde Faltungen und Knickungen, Aufrichtungen und Verwerfungen hervorgerufen. Durch allmähliches Aufrichten kann die Schicht steil aufrecht stehen, durch weitere Bewegung kann sie sogar überkippen, so daß das ursprünglich Liegende zum Hangenden wird, die älteren Teile über die jüngeren zu liegen kommen. (Saigere Stellung — überkippte Stellung.)



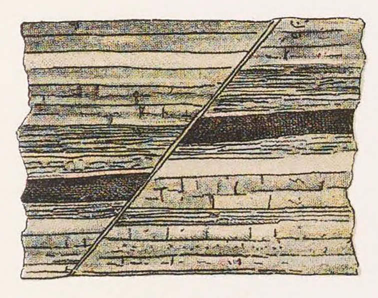
1. Schicht.



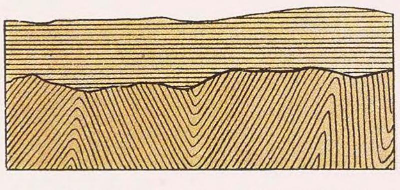
2. Steil aufgerichtete Schicht.



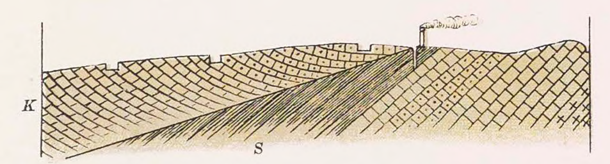
4. Profil durch den Montblancstock.



6. Verwerfung.



3. Ungleichförmige (diskordante) Ueberlagerung.



5. Ueberschiebung von Kohlenkalk (K) über Steinkohlenformation (S).



Reich an Beispielen von Ueberschiebungen sind sodann die Alpen (Berner Alpen).

Die Schichten können gleichförmig (konkordant) oder ungleichförmig (diskordant) überlagert sein (Taf. 15,3). In ersterem Fall findet eine Parallel-Lagerung statt, es legt sich eine Schicht in gleicher Richtung auf die andere. Somit war die jüngere Schicht all den Störungen unterworfen, welche die ältere mitzumachen hatte. Beide Schichten unterscheiden sich nur hinsichtlich ihrer geologischen Zusammensetzung. Ihre Schicksale

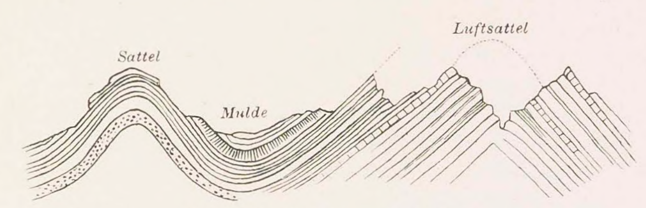


Fig. 13. Mulde und Sättel.

waren die gleichen. Ist die Ablagerung eine ungleichförmige, dann tritt an Stelle der parallelen Schichtung eine beliebig andre. Daraus geht hervor, daß zur Zeit, wo die ältere Schicht Störungen erlitten hat, die jüngere noch nicht vorhanden war.

Faltungen sind Zusammenschiebungen von biegsamen Schichten, bewirkt durch seitlichen Druck. Es können sowohl die Randzonen als auch die mittleren Teile aufgetrieben werden. Auf diese Weise entstehen Mulden und Sättel (Fig. 13), dazwischen der Mittelschenkel,

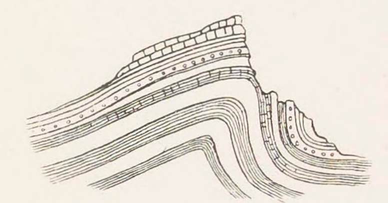


Fig. 14. Schiefe Falte.

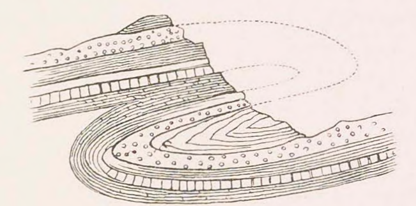


Fig. 15. Liegende Falte.

und zwar muß jede Schicht, gleichgültig, ob sie in der Mulde oder im Sattel liegt, zweimal auftreten. Sattel und Mulde geben zusammen eine Falte, mehrere Falten ein Faltensystem.

Je nach der Lage solcher Falten spricht man von stehenden, schiefen und liegenden Falten (Fig. 14 und 15). Im letzteren Fall tritt dieselbe Schicht dreimal (in umgekehrter Reihenfolge) auf. Derartige Bildungen sind in den Alpen nichts Seltenes[1]). Die Falten erreichen eine Ausdehnung von

[1]) Faltengebirge sind außer den Alpen beispielsweise die Karpathen, der Balkan, die Apenninen.

mehreren Kilometern und verhalten sich hinsichtlich der Zusammensetzung der Schichtung (Kalk oder Sandstein, Granit oder Schiefer, Ton und glimmerreiches Gestein, besonders zur Faltung geeignet) und nach der in einem Gebiet vorherrschenden Verwitterung und Abtragung (physikalische Verwitterung) ganz verschieden. Somit hängen Form und Schönheit eines Landschaftsbildes von diesen Ursachen ab.

Häufig werden durch Verwitterung die oberen Teile der Sättel zerstört und abgetragen, dann spricht man von Luftsätteln (Fig. 14). Das Ganze macht dann den Eindruck einer mächtigen Reihe regelmäßiger Schichten. In Wirklichkeit hat man es mit gefalteten, zusammengepreßten Schichten zu tun. Durch weitere Zusammenschiebung entstehen fächerförmige Schichten (Zentralalpen, Taf. 15,4).

Eine Abbiegung (Flexur) kommt zustande, wenn von einer Schicht ein Teil absinkt, ohne daß der Zusammenhang gestört wird. Dabei büßt die Verbindungsschicht durch Quetschung an Mächtigkeit ein.

Eine nicht seltene Erscheinung sind die **Ueberschiebungen** (Taf. 15,5) Aeltere Gebirgsteile werden über jüngere hinweggeschoben, wie das z. B. auf der Linie Aachen-Lüttich-Bologne der Fall ist, wo die Schichten der Steinkohlenformation durch ältere Schichten bedeckt sind. (Lausitzer Ueberschiebung.)

Die Lage aufgerichteter Schichten wird bestimmt durch zwei gerade, rechtwinklig aufeinanderstehende (auf der Oberfläche der Schicht gezogenen) Linien. Das Streichen ist die Richtung, in der die Schicht läuft. Streichlinie, die in der Schichtungsfläche gezogen gedachte Horizontale (Kompaß). Das Fallen — eine zum Streichen der Schichtfläche senkrecht gedachte Linie (Winkelmesser). Bestimmungsübung im Freien.

Zerreißt das Verbindungsband, dann geht die Flexur in eine **Verwerfung** (Taf. 15,6) über. Diese ist nichts anderes als ein Bruch, welcher mit dem Nachsinken der Erdrinde gegen den Kern und in der Faltung von Gebirgen und der damit Hand in Hand gehenden Zerreißung seinen Grund hat. Die Größe des Abstandes der durch Verwerfung getrennten Schichten nennt man Sprunghöhe. Dieselbe kann nur einige Zentimeter, aber auch mehrere Meter, ja sogar 100 m ausmachen. Außerdem unterscheiden wir eine stehengebliebene und abgesunkene Scholle sowie die Verwerfungsspalte. Letztere kann nach und nach durch die chemische Tätigkeit des Wassers mit Erzen ausgefüllt werden. (Vergl. Lehrb. d. Mineralogie, S. 46.) Bekannte Beispiele für Verwerfungen sind der Steilabfall des Erzgebirges nach Böhmen und jener der Alpen in die Lombardei (vergl. S. 26). Zu den Verwerfungen rechnet man auch die sog. Grabenbrüche (Oberrhein, vergl. S. 52), sowie die Kesselbrüche (Mittelländisches Meer) und Horste (stehengebliebene Schollen, während die Flügel in die Tiefe brachen, Thüringer Wald).

Die Schichten legen Zeugnis ab von ihrer Vergangenheit. Sie sagen uns, ob sie sich im Süßwasser gebildet oder aus dem Meere niedergeschlagen haben, ja sie erzählen uns sogar, ob sie einmal oder öfter unter dem Drucke des Meeres standen. Gar oft wurden

die Grenzen von Wasser und Festland verschoben; das bestätigen uns außer den Sedimenten noch andre Zeugen und zwar vor allem die Tier- und Pflanzenwelt der Vorzeit. Die tierischen Ueberreste (in den Sedimenten) geben uns Aufschluß darüber, ob wir es mit einer Land- oder Meeresfauna zu tun haben, ob also die betreffende Schicht zu einer bestimmten Zeit über oder unter Wasser war. Solche Ueberreste sind uns unter den verschiedensten Umständen erhalten geblieben. Entweder sie verkohlten (Pflanzen) oder es wurde das ganze Gebilde, das organische Gewebe, durch Kalk oder Kieselsäure unter Beibehaltung der Form ersetzt. Häufig wurde auch von dem betreffenden Tier (Pflanze) ein Abdruck hinterlassen, der später mit Mineralsubstanz ausgefüllt wurde, also gleichsam einen Abguß bildete. Ferner sind in Muscheln und Gehäusen (leer oder ausgefüllt) wertvolle Zeugen erhalten geblieben und endlich — doch das ist der seltenere Fall — finden sich vollständige Pflanzen und Tiere (Mammut) oder Teile hiervon.

II. Historische Geologie.

Abgesehen von dem minimalen Zuwachs durch die Meteoriten hat die Masse der Erde einschließlich ihrer Atmosphäre weder zu- noch abgenommen. Hingegen wurde dieselbe, wie wir bis jetzt gesehen haben, großen Umgestaltungen unterworfen. Auf die Krustenbildung folgte das durch den Vulkanismus unzähligemal gestörte Stadium der Panzerschichte. Gewässer und Atmosphärilien haben das ihre dazu beigetragen, die Erde so zu gestalten, wie sie heute aussieht. Aus Altem entstand fortwährend Neues, und sonach muß jede jüngere Sedimentärschichte ihr Dasein älteren Schichten verdanken, soweit sie nicht das Material vulkanischen Gesteinen entnahm. In letzter Hinsicht ist dieses stets ungeformte Material großenteils das Material der an Silikaten so reichen Panzerdecke, von der uns nichts mehr zu Gesicht kommt. Ob die Gneise und Lagergranite dieser Decke entstammen, das ist eine von den Fragen, die noch ihrer Lösung harren. Jedenfalls aber darf man eine Auflagerung auf die Panzerdecke annehmen.

Die Urzeit.*)

Diese Formationsgruppe besteht aus kristallinischen Gesteinen und zwar überwiegend aus Gneisen und kristallinischen Schiefern, wie Glimmerschiefer und Urtonschiefer. Außerdem finden sich Eruptivgesteine wie Granit, Syenit und Diorit, ferner kristallinischer Kalk, Quarzite, Chlorit- und Hornblendeschiefer und der den Gneisen nahverwandte Granulit (Schwarzwald, Sächsisches Mittelgebirge). Mit Rücksicht auf das vorherrschende Gestein teilt man das Urgebirge ein in die **Urgneisformation** und die **Urschieferformation.**

*) Archäische Zeit von archaios = uranfänglich.

Es ist nach dem bereits Gesagten als selbstverständlich anzunehmen, daß wir die Schichten des Urgebirges nicht mehr in ihrer ursprünglichen Horizontallagerung antreffen, und daß die tektonischen Verhältnisse äußerst verwickelt sind.

Leitfossilien sind uns nicht erhalten geblieben. Ob in diesem Zeitalter überhaupt Organismen vorkommen, das ist eine vielumstrittene Frage, die in neuester Zeit manche Forscher wieder in bejahendem Sinn zu beantworten versuchen.

Geographische Verbreitung. Wie erwähnt, ist die Verbreitung des Urgebirges, speziell des Gneises, eine sehr große. Da haben wir, um deutsche Gneisdistrikte anzuführen, das Erzgebirge, Fichtelgebirge, den Kyffhäuser, das Riesengebirge, den Böhmerwald (Böhmen) und Bayrischen Wald, den Spessart, Odenwald und die Vogesen. Weitere Gneiskomplexe sind die Zentralalpen und das Skandinavische Gebirge.

Gesteine und Erze der Formation. Ueberaus reich ist der Gehalt an nutzbaren Mineralstoffen, an Gesteinen sowohl wie an Erzen. Hinsichtlich der ersteren ist vor allen der kristallinische Kalk nebst Marmor zu erwähnen. Dieser wird in zahlreichen Kalksteinbrüchen ausgebeutet und weist außerdem einen großen Reichtum an Mineralien wie Granat, Turmalin, Epidot u. a. auf. Graphit sodann bildet Lager (Schweden, Ural), Stöcke oder auch Flöze (Niederösterreich).

An Metallen sind an erster Stelle zu erwähnen mächtige Erzlager von Magneteisen, Kupferkies, Zinkblende, Schwefelkies (in Tennesse) Bleiglanz, Eisenkies (Schwarzenberg im Erzgebirge), Arsenkies; Gold in Quarz eingesprengt und gediegenes Silber. Besonders reich an Ablagerungen der Urzeit ist das Erzgebirge, wie das z. B. die zinnerzführenden Gänge (Geyer und Zinnwald), die Rot- und Brauneisensteinvorkommnisse und vor allem die Zone Meißen—Joachimstal beweisen. (Vergl. Mineralogie!) Was die Edelsteine Diamant, Rubin, Saphir, Smaragd usw. anlangt, so sind dieselben großenteils, wie wir wissen, aus ihrer primären Lagerstätte verdrängt worden und häufig in sekundärer zu finden. Ihre Heimat ist ebenfalls im Urgebirge zu suchen.

Die paläozoische Zeit. Das Altertum der Erde.

Den Einwirkungen des Wassers gelang es im Laufe ungeheuer großer Zeiträume aus dem Gestein des Urgebirges neue Trümmer und Schichten zu bilden. Es entstanden beispielsweise Grauwacken, Tonschiefer, Sandsteine, Konglomerate. Häufig aber wurden diese sedimentären Ablagerungen der paläozoischen Zeit durch den Faltungsprozeß gestört und von Eruptivgesteinen wie Graniten, Dia-

basen, Porphyren und Melaphyren durchbrochen. Niemals finden sich sämtliche Schichten übereinander vor. Das Klima war zu dieser Zeit wahrscheinlich gleichmäßig mild, wie aus der Gleichartigkeit in der Verteilung der Tier- und Pflanzenwelt geschlossen werden kann. Die aus den beiden älteren Formationen stammenden Ablagerungen weisen fast alle auf marinen Ursprung hin. Gegen Ende des Devons entstehen Festländer, auf denen sich Gefäßkryptogamen entwickeln. Eine scharfe Trennung von Land und Meer und ebenso eine Scheidung von marinen und terrestrischen Ablagerungen tritt erst mit der Steinkohlenzeit auf.

Die paläozoische Zeit hat uns die ersten sicheren Reste, großenteils marine, von Tieren- und Pflanzen überliefert. Freilich weichen diese ganz beträchtlich von den Organismen der Jetztzeit ab. Im Pflanzenreich begegnen wir Meeresalgen, riesigen Gefäßkryptogamen und später Koniferen, im Tierreich Urtieren, Korallen, Stachelhäutern, Weichtieren, Gliedertieren und den ersten Wirbeltieren.

Die gesamte Schichtenbildung wird in folgende Formationen eingeteilt:

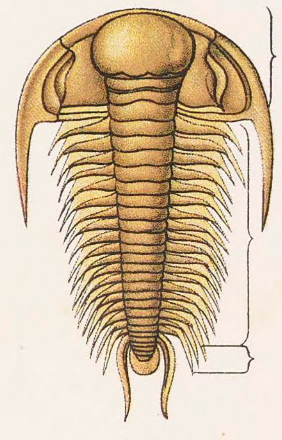
1. Kambrische Formation (Cambria, ein alter Name für Wales),
2. Silurische „ (Silurer, ein keltischer Name, nordöstlich von Wales),
3. Devonische „ (Grafschaft Devon),
4. Karbonische „ (Kohlenformation),
5. Permische „ (Gouvernement Perm in Rußland),
   a) Rotliegendes (rote Farbe),
   b) Zechstein (Grubensteine, die Bezeichnung rührt von Mansfelder Bergleuten her).

Infolge dieser „Zweiteilung“ heißt die Permformation auch Dyas. Die Namen der einzelnen Formationen sind wenig zutreffend und meist nach der Landschaft benannt, in der man die betreffende Schichtung zuerst auffand.

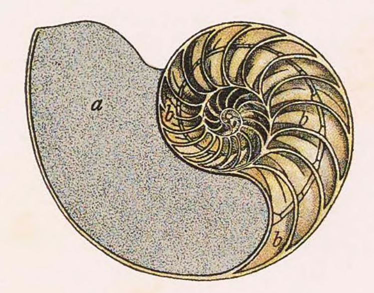
Im nachstehenden sollen die einzelnen Formationen kurz charakterisiert werden. (Kambrische und silurische Formation werden dabei zu Silur zusammengezogen.)

Die Tierwelt des paläozoischen Zeitalters.

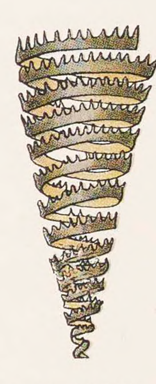
Unter den tierischen Ueberresten des Kambriums und Silurs fallen durch ihren Arten- und Individuenreichtum die sog. **Trilobiten** (die Dreilappigen) auf (Taf. 16,1). Es ist das eine Krebsart,



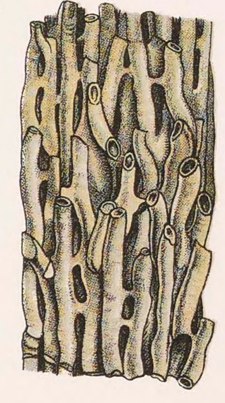
1. Trilobit.



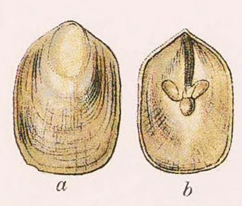
6. Durchschnitt der Schale des Nautilus pompilius.
a. Wohnkammer. b. Luftkammern.



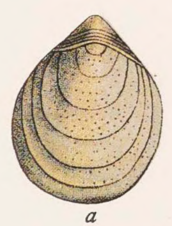
2. Graptolith.

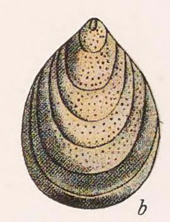


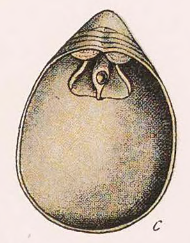
3. Syringopora cancellata aus dem oberen Silur.



4a, b. Lingula Lewessi.







5a—c. Siphonotreta unguiculata.
a. Kleinere, b. größere Klappe. c. Innenseite der größeren Klappe.



die man etwa mit den Molukkenkrebsen vergleichen könnte. Wie sich aus den bisher aufgefundenen etwa 1300 Arten ergeben hat, handelt es sich um eine Gliederung in Kopfbruststück, Mittelleib und Schwanzstück. Der Kopf besteht aus mehreren Teilen, wovon der mittlere, die Glabella, besonders heraustritt; er kann die einfachen oder zusammengesetzten Augen enthalten. Vielfach fehlen aber auch solche Organe; wahrscheinlich lebten diese Arten in großen Tiefen. Die Verlängerung des halbkreisförmigen Kopfschildes besteht in Stacheln oder Hörnern, ebenso enden die schildförmigen Rumpfsegmente in Stacheln. Ihre ungepanzerte Unterseite konnten diese Tiere durch Einrollen des Körpers schützen. Außer eingerollten Exemplaren trifft man auch solche an, die ihren Körper zusammenklappen konnten. Wie man jetzt mit Sicherheit weiß, besaßen die Tiere eine größere Zahl von Füßen, auch machten sie zahlreiche Häutungen durch. In der Steinkohlenzeit starben die Trilobiten aus.

Was die Urtiere anlangt, so sind solche uns nur aus der Steinkohlenzeit in größerer Menge und Formenverschiedenheit erhalten geblieben, und zwar handelt es sich um Foraminiferen und Radiolarien. Ganz gering sind die zierlichen Ueberreste (Kalk- und Kieselskelette) dieser ersten Lebewesen der Tierwelt im Kambrium und Silur.

Mit dem Namen **Graptolithen***) (Taf. 16,2) hat man eine im Silur lebende Gruppe von Coelenteraten belegt, die sich durch folgende Merkmale auszeichnet. Eine große Zahl von kleinen Individuen, wovon jedes eine Chitinhülle ausschied, sind durch einen Kanal miteinander verbunden, und zwar kann derselbe einfach oder geteilt, gerade, gekrümmt oder spiralig sein. Ueber ihre verwandtschaftlichen Beziehungen und ihre Stellung innerhalb des Tierkreises ist man sich noch nicht klar. Gegen Ende der Silurzeit starben sie aus. Neben den Graptolithen und Kieselschwämmen kommen auch andere Coelenteraten in größeren Mengen vor und zwar riffbauende Korallen (Taf. 16,3). Weil die Weichteile dieser Tiere durch ein starkes Skelett geschützt wurden, sind uns besonders viel Reste von dieser Klasse erhalten geblieben. Unter den Skeletten herrschen jene aus kohlensaurem Kalk vor. Die Korallen gehen im Devon einer größeren Formenmannigfaltigkeit entgegen.

Echinodermen. Die Stachelhäuter werden im Silur ganz besonders durch die Seelilien oder Krinoiden vertreten, daneben gibt es auch Seeigel und Seesterne. Wohl die meisten Seelilienarten bestehen aus Krone, Kelch und Stiel. Im Kelch, einer getäfelten Kapsel, liegen die Hauptorgane des Tieres. Von ihm gehen die

*) graphein = schreiben, lithos = Stein.

ebenfalls mit Kalkstückchen getäfelten Arme ab, und zwar senden die verschiedenen Hauptorgane Ausläufer und Verzweigungen in dieselben (Blutgefäße, Nerven usw.). Der Stiel ist von dem Nahrungskanal durchzogen und dient zur Verankerung im Schlamme. Stiellose Arten schwimmen frei im Meere. Da sich die Hauptglieder nach dem Tode des Tieres leicht trennen, so ist das massenhafte Vorkommen (mitunter felsbildend) von Bruchstücken derselben leicht erklärlich.

Ein besonders artenreiches Geschlecht bilden die den Mollusken nahe verwandten **Brachiopoden** (Armfüßer). Im Kambrium vereinzelt vorkommend, gelangen sie im Silur und Devon zu hoher Entwicklung (etwa 4000 Arten), um sodann rasch abzunehmen. Gleich den Muscheln haben sie eine aus zwei Hälften bestehende, mit einem Schloß versehene Schale. Jedoch darf man die beiden Klappen nicht als eine rechte und linke ansehen, sondern muß sich dieselben als eine obere und untere vorstellen. Durch die größere Schale tritt ein fleischiger Stiel, der das Tier befestigt (Taf. 16,4 a, b und Taf. 16,5 a–c).

Verbreiteter noch als die Brachiopoden sind die schalentragenden **Cephalopoden** oder Kopffüßer aus dem Stamme der Weichtiere.

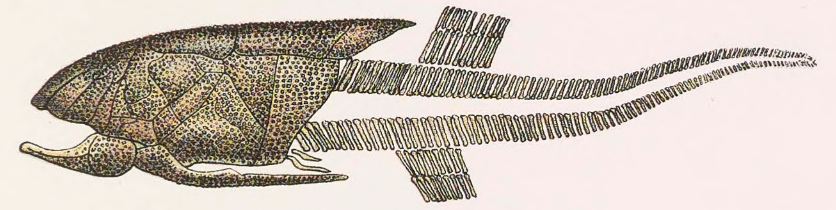
Nautileen gab es allein 1800 Arten, in der Jetztzeit existieren noch sechs.

Die in der Mittelebene durchschnittene Kammer des in der Gegenwart lebenden Nautilus pompilius zeigt uns eine Aufeinanderfolge von Kammern, die durch gewölbte Scheidewände voneinander getrennt sind (Taf. 16,6).

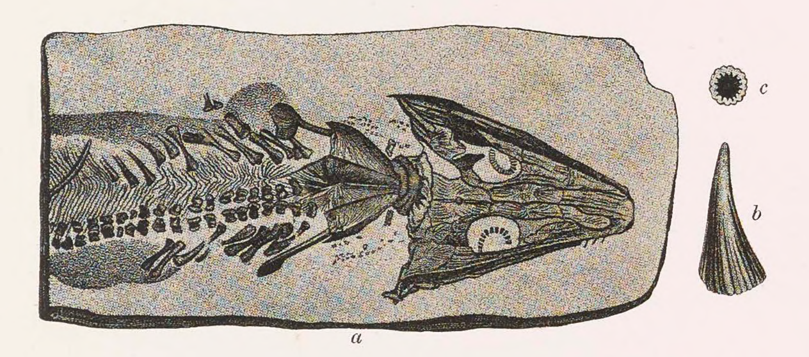
Der Nautilus findet sich in der größten, also vordersten Kammer, die übrigen Räume hat er — seinen Wachstumverhältnissen entsprechend — der Reihe nach bewohnt. Die Kammern sind mit Luft gefüllt. In der Mitte einer jeden Scheidewand findet sich eine Oeffnung, durch welche der Siphon, eine Röhre, geht. Er verbindet das Tier mit der letzten Kammer und enthält Blutgefäße. Wahrscheinlich aber barg der viel weitere Siphon der ausgestorbenen Arten einen Teil der Eingeweide. Im Zechstein verbreiteten sich die Brachiopoden wiederholt, vor allen Productus horridus mit einem ungleichklappigen Gehäuse und röhrenförmigen Anhängen.

Unter den Krustern fallen neben den bereits erwähnten Trilobiten winzige **Muschelkrebse** (Ostrakoden) auf. Ihre Schalen sind nahezu mikroskopisch und finden sich namentlich im Nassauischen und im Harz.

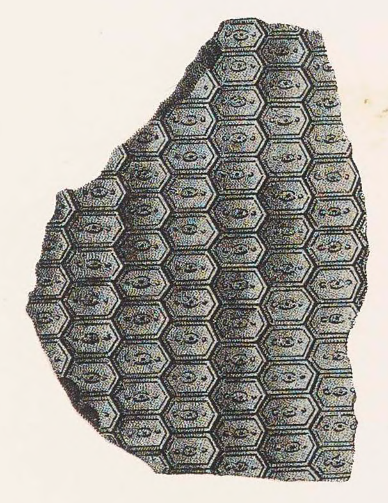
Spinnen, Skorpione und Insekten, Geradflügler (besonders schabenartige) und Netzflügler erscheinen in der Steinkohlenzeit nur in geringer Zahl.



1. Coccosteus decipiens.



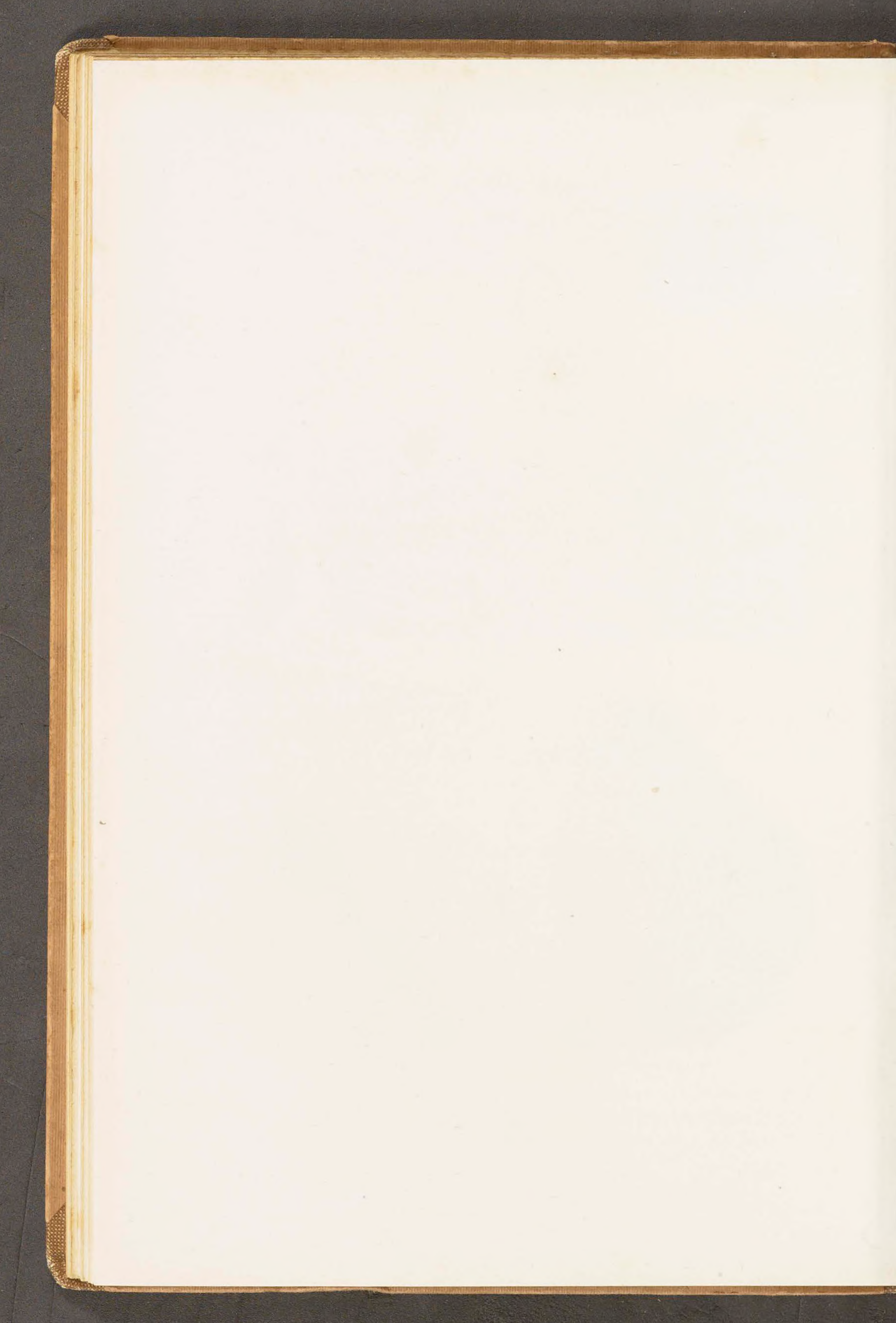
2a—c. Archegosaurus Decheni.
b. Zahn, c. derselbe im Querschnitt.



3. Stammstück mit Blattnarben der Sigillaria elegans.



4. Fruchttragender Zweig einer Walchia.



Die ersten Wirbeltiere (Fische) treten (mehr vereinzelt) im Silur auf, entfalten sich jedoch schon stark im Devon. Da die Tiere der Knochen entbehrten, also nur Knorpel besaßen, so sind uns an Stelle eines Skelettes nur dürftige Reste erhalten geblieben und zwar Zähne und (knöcherne) Stacheln. Es sind dies haifischartige **Selachier;** ferner Verwandte von unserem Stör. An Stelle der Knochentafeln tragen diese rautenförmige Schuppen mit einem glänzenden Schmelzüberzug (Schmelzschupper). Verschiedene Teile des Skeletts sind bereits knöchern; die Schwanzflosse ist ungleichlappig wie bei den jetzt lebenden Stören und Haien (Taf. 17,1).

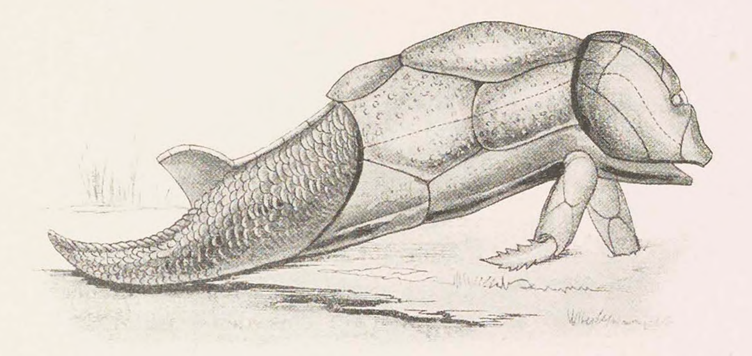


Fig. 16. Rekonstruktion des devonischen Panzerfisches Pterichthys.
Aus Sieberg, Der Erdball.

Ganz merkwürdige Tiere sind die sog. Panzerfische (Fig. 16). Der Vorderkörper ist unverhältnismäßig groß und mit Knochenplatten bedeckt, der schmächtige Hinterleib gewöhnlich unbeschuppt (Flügelfisch). Als erste, zum Teil luftatmende, aber amphibisch lebende Wirbeltiere (Kohlen- und Permformation) stellen sich die **Stegocephalen** (Dachschädel) ein. Einige gleichen an Größe und Gestalt gewöhnlichen Salamandern, andere den Eidechsen; Archegosaurus (Taf. 17,2 a—c) zeigt Aehnlichkeit mit einem kleinen Krokodil. Diese Tiere besitzen einen dreieckigen Kopf, kurze Rippen (Frosch) und dachziegelartige Bauchschuppen. Die Stegocephalen sind wahrscheinlich die Stammform der Eidechsen.

Im Anschluß an die Molche entwickeln sich die ersten **Reptilien.** Protosaurus Spenerie im Kupferschiefer Thüringens wird als Stammvater der Krokodile angesehen. Die Wirbelkörper (bikonkav) gleichen noch denen der Fische, die Zähne sind bereits eingekeilt.

Die Pflanzenwelt des paläoischen Zeitalters.

Die reichste Entwicklung der Pflanzenwelt fällt in die Steinkohlenzeit und zwar kommen Gefäßkryptogamen in überwiegender Mehrzahl in Betracht (Fig. 17). Sie bildeten ausgedehnte Sumpfwaldungen und Waldmoore oder umstanden die Ufer der Seen. Ein gleichmäßiges Klima, das vor allem keine Ausschläge nach der Kälte hin zeigte und große Luftfeuchtigkeit waren dem Wachstum dieser Flora besonders förderlich. (Siehe Mineralogie S. 41.)

Die **Kalamiten** (Taf. 3,1, Mineralogie) gleichen unsern Schachtelhalmen, besitzen wie diese einen längsgerippten, gegliederten und inwendig hohlen Stamm, der eine Höhe bis zu 12 m erreicht. Die Blätter stehen quirlförmig am Stamm und Zweig, der Fruchtstand ist ährenförmig.

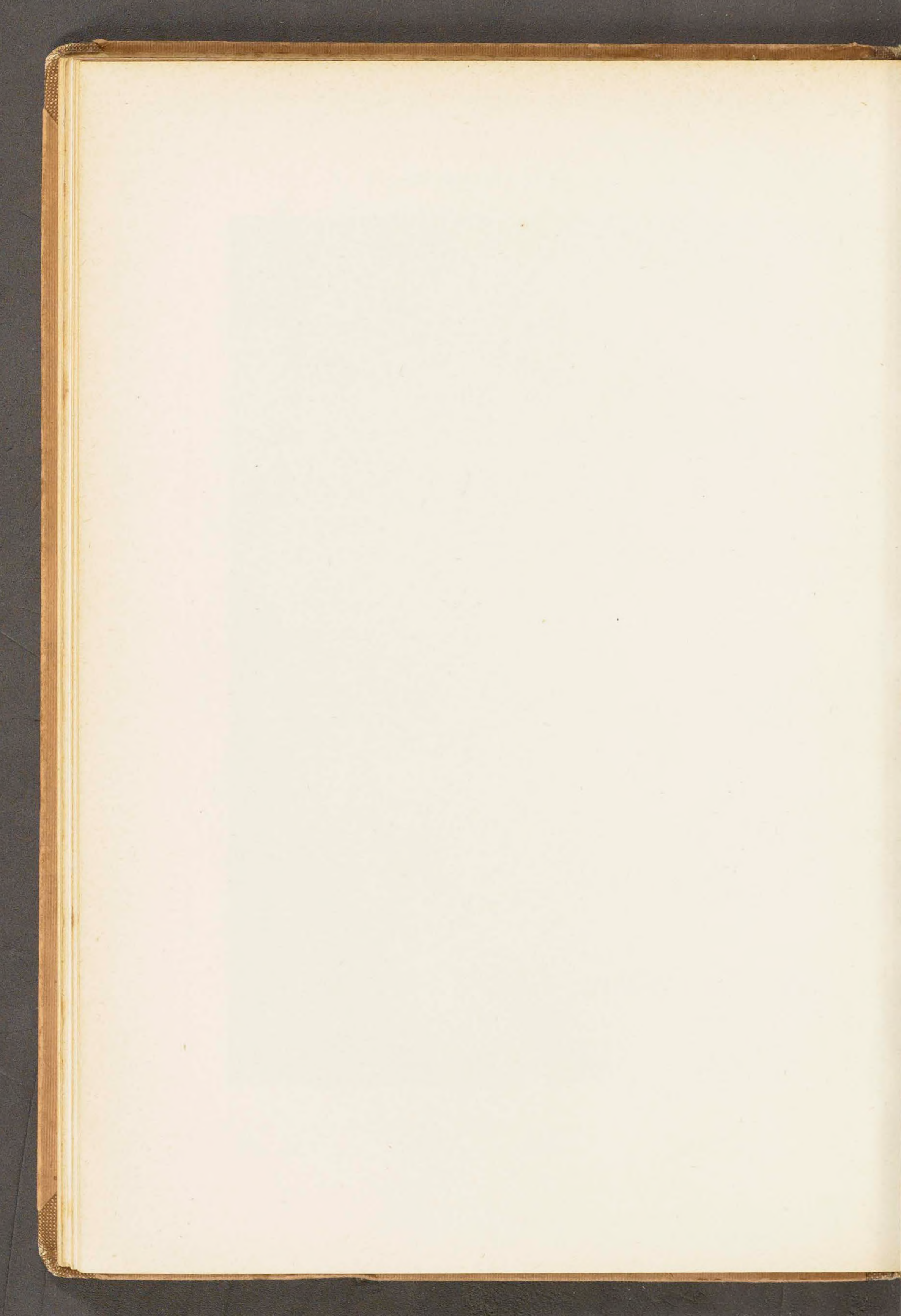
Die **Farne** sind hauptsächlich Baumfarne (wie sie heute z. B. in den wärmeren Klimaten vorkommen) mit starken, holzigen Stämmen (Taf. 3,3, Mineralogie).

Als die bedeutendsten Vertreter der Gefäßkryptogamen sind entschieden die **Bärlappe, Sigillarien** (Taf. 17,3) und **Lepidodendren** (Schuppenbäume; Taf. 3,2, Mineralogie) zu nennen. Letztere sind ganz besonders charakteristisch für die zahlreichen Sumpflandschaften. Sie lieferten infolge ihres Holzreichtums den größten Beitrag zu unsern Steinkohlenflözen. Die weitverzweigten, wiederholt gegabelten Wurzeln der beiden Formen führen den Namen Stigmarien. Ein besonderes Merkmal unsrer Bärlappe sind die sog. Blattkissen, das sind Narben, die den 40 m hohen Stamm bedecken, und die von abgefallenen Blättern herrühren. Die kleineren Narben (in der Mitte) zeigen den Austritt der Gefäße in das Blatt an. Ohne Zweifel handelt es sich in der Steinkohlenzeit um eine reiche, üppige, allerdings auch eintönige Sumpfflora. Die Zahl der Arten verschwindet gegenüber denen unserer heutigen Flora. Gehören doch gegenwärtig 90% aller Pflanzen den Dikotyledonen an, demnach einer Pflanzenwelt, die damals überhaupt noch nicht existierte. An der Bildung der Steinkohlen haben nur Landpflanzen (Sumpfflora), nicht aber Meerespflanzen (Seetange) teilgenommen und zwar in erster Linie Vertreter aus den oben erwähnten Gruppen. Die Steinkohlenflöze können sich auf zwei verschiedene Arten gebildet haben, entweder aus Pflanzen, die an Ort und Stelle gewachsen sind oder aus Pflanzen und Pflanzenresten, die in ein Becken zusammengeschwemmt wurden.

Wahrscheinlich ist die erstere Bildungsart die häufigste. In diesem Fall ist die Kohle reiner, das Flöz gleichmäßiger, die Blattstruktur besser erhalten geblieben und die Stigmarien strahlen nach allen Richtungen Anhänge



Fig. 17. Moorlandschaft des Karbons.
Verkleinerte Wiedergabe einer im gleichen Verlag erschienenen farbigen Wandtafel von H. Potonie und W. Gothan.



aus. Wenn dagegen Ströme nebst großen Massen von Sand und Kies auch Stämme, Wedel und Blätter mit forttrieben, um das Material in einem Seebecken abzulagern, dann mußte wohl eine bunte Vergesellschaftung von verschiedenen Pflanzenresten und -arten zustande kommen. Hiervon geben uns manche Flöze gute Beispiele.

In beiden Fällen aber wurden die Pflanzenreste von Schlamm und Sand bedeckt; denn nur dadurch konnten zwei für die Steinkohlenbildung wichtige Bedingungen — hoher Druck und Luftabschluß — eintreten.

In der Steinkohlenformation treten die ersten Nadelhölzer auf und zwar ist besonders eine Verwandte von Araucaria excelsa, die Walchia piniformes (Taf. 17,4) zu nennen. Die Aeste sind zweizeilig verzweigt, die Blätter dreikantig und spiralförmig angeordnet.

Unverkohlte, mit Kieselsäure durchtränkte Araukarienstämme in der Nähe von Chemnitz.

Gesteine und Erze der palöozoischen Zeit.

a. Eruptivgesteine. Ein besonders bewegtes Zeitalter ist das karbonische. Hier gehen jene riesigen Faltungsprozesse vor sich, welche die bereits in archäischer und älterer paläozoischer Zeit gebildeten Schichten zu gewaltigen Gebirgen auftürmen. Granitmassen dringen in Form von Lakkolithen empor (Erzgebirge, Thüringen). Es entstehen die Ardennen, das Rheinische Schiefergebirge, der Taunus, Odenwald und Schwarzwald, die Vogesen, das Fichtelgebirge, der Frankenwald und Harz und das Erzgebirge. Kurz und gut, fast alle mittel- und westeuropäischen Mittelgebirge. Sie alle wurden zu nahezu alpinen Gebirgen emporgehoben, und wenn sie heute in abgerundeten Formen erscheinen und bedeutend an Höhe eingebüßt haben, so wissen wir auch, wo die Ursache zu suchen ist.

Daß mit dem Faltungsprozeß eine Reihe von Ueberschiebungen und Verwerfungen Hand in Hand gingen, zeigen uns ganz besonders deutlich unsere Steinkohlenflöze (Aachen, Zwickau).

Im Rotliegenden ergießen sich gewaltige Lavamassen (Porphyr, Melaphyr, Pechstein, Tuffe in Thüringen und Sachsen — Rochlitz, Grimma, Meißen).

b. Sedimentäre Gesteine. Die ältesten Formationen wie Kambrium, Silur und Devon setzen sich aus Ton-, Quarzit- und Chloritschiefern sowie aus Grauwacken zusammen. Ferner treten Kalk- und Sandsteine (Devon) auf. Steinkohle und Anthrazit finden sich bereits im Devon; ebenso stammen die großen Petroleumquellen Pennsylvaniens aus dem Devon. Kohlensandstein, Kohlenschiefer,

Kohlenflöze, Kohleneisenstein und Kohlenkalk, dazu Grauwacken und Tonschiefer charakterisieren die Karbonformation.

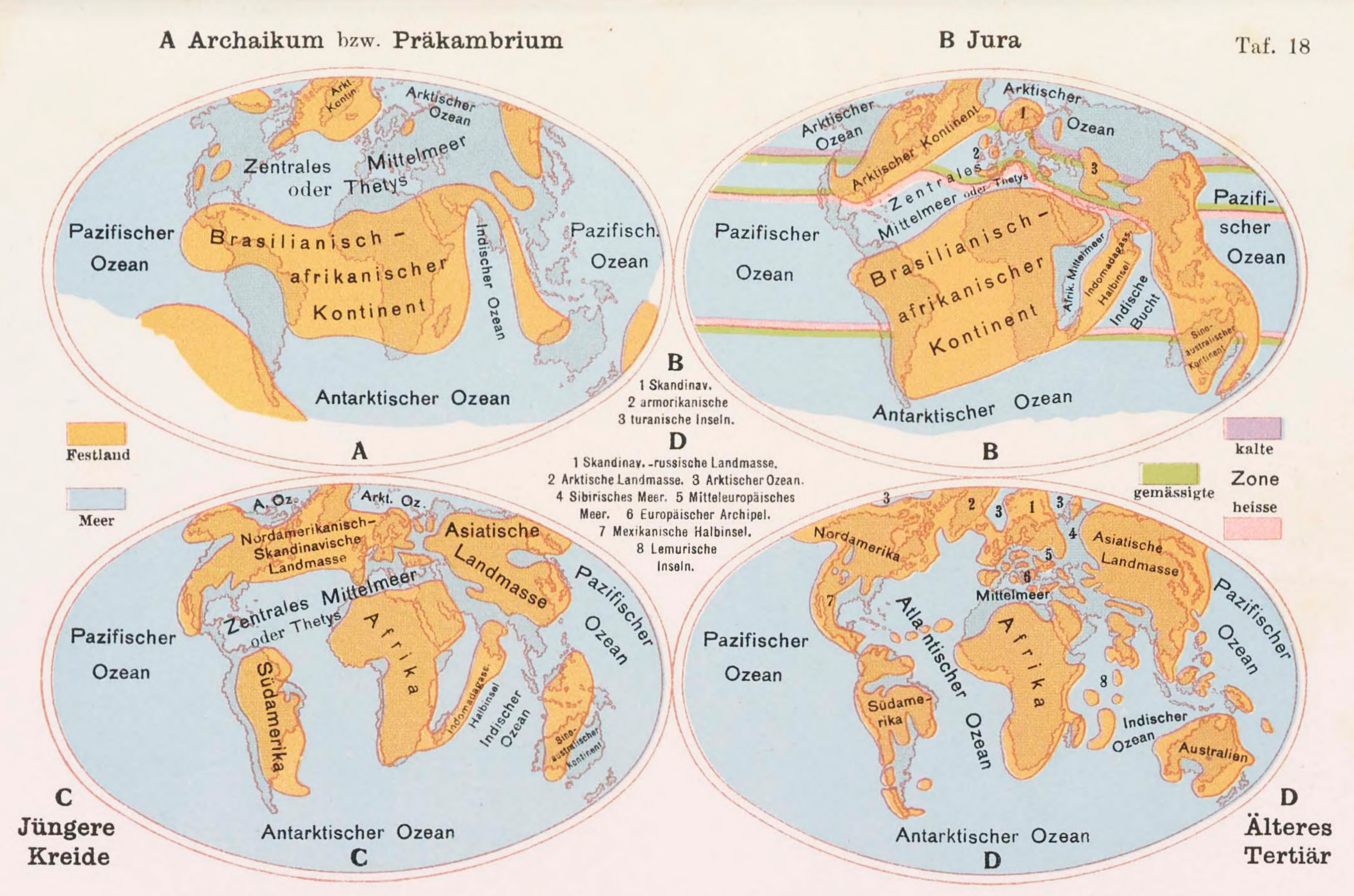
Die Schichten des Rotliegenden bestehen aus Konglomeraten, roten, tonigen Sandsteinen, Schieferletten und rotem Bindemittel. Wie mögen die Sedimente entstanden sein? Es ist anzunehmen, daß in Deutschland auf eine regnerische Periode, in welcher die abtragende Tätigkeit des Wassers (Gebirgsbildung in der Steinkohlenzeit) Schutt und Trümmer zu Tal förderte (Schwemmlandebenen), ein Wüstenklima folgte, und die heißen Sonnenstrahlen das wasserhaltige Brauneisen in wasserfreies Roteisen umwandelten. Die Zechsteinformation hat dieselben Gesteine wie das Rotliegende, dazu kommen aber noch Zechstein, ein grauer Kalkstein und Kupferschiefer, Mansfelder Kupferschiefer d. i. ein Mergelschiefer mit starkem Bitumengehalt, Erzen und reichen Fischresten, ferner Gips, Steinsalz und Kalisalze.

Wie ist die Zechsteinformation geworden?

Gegen den Ausgang des Rotliegenden trat eine Bodensenkung in Mitteldeutschland ein. Von Ost- und Südeuropa her drangen die Fluten eines tiefen Weltmeeres, das Leben der Fische und anderer Süßwassertiere vernichtend. Es setzte sich in dünnen Lagen der erwähnte kupferhaltige Mergelschiefer ab und zwar der sog. Zechstein, außerdem entfalteten die Korallen eine lebhafte Tätigkeit. Nun begann die (im Lehrbuch der Mineralogie S. 74) erwähnte Abschnürung des Zechsteinmeeres vom großen permischen Ozean, worauf die Verdunstung des Binnenmeeres unter Ausscheidung von Gips, Steinsalz und Kalisalzen erfolgte. Nicht selten wurden die verschiedenen Gesteine der paläozoischen Periode durch Eruptionen unterbrochen. Im Silur und Devon (aber auch bereits im Kambrium) breiten sich am Meeresgrunde Diabasgesteine aus (Nassau, Westfalen, Vogtland, Fichtelgebirge).

c. Erze. Schon in den ältesten Zeiten der paläozoischen Periode finden wir gediegen Silber und Kupfer, letzteres in bis zu 15000 Zentner schweren Massen. Das Silur weist Eisen, Blei- und Brauneisenerz, Zinkerze, Zinkblende und Galmei (Iserlohn), Silber (Andreasberg), Schwefelmetalle, Kupferkies, Eisenkies und Bleierze (Rammelsberg bei Goslar) auf.

Im Karbon sind außer dem bereits erwähnten Toneisenstein (England, Westfalen) auch Blei und Zinkerze hervorzuheben. Das Rotliegende zeichnet sich vor allem durch Manganerze aus (Thüringer Wald und Harz), geringere Bedeutung haben die Quecksilbererze der Pfalz. Eine Reihe von Kupfer- und auch Silbererzen treten mit dem Zechstein im Harz (Mansfeld) in Richelsdorf (Hessen) und Ilmenau (Thüringen) auf.



Wahrscheinliche Ausdehnung der Festländer und Meere in verschiedenen geologischen Epochen.
Aus Sieberg, Der Erdball.



Geographische Verbreitung. Die ältesten Schichten der paläozoischen Formation finden sich in Skandinavien und Böhmen (Silur). Von devonischen Landschaften ist innerhalb Deutschlands in erster Linie das Rheinische Schiefergebirge (Rheinpreußen, Westfalen, Nassau) zu nennen. Ferner haben wir Devon im Harz (Goslar) und in Schlesien (Freiburg und Kunzendorf). Oesterreich weist in Mähren, Schlesien und in den Ostalpen Devon auf, Frankreich und Belgien besitzen es als die Fortsetzung des Rheinischen Schiefergebirges, Britannien in Cornwall und Süd-Devonshire; in Rußland sind 7000 Quadratmeilen von dieser Formation bedeckt und in Nordamerika gehören ihr große Distrikte an.

Hinsichtlich der Verbreitung der Kohlenformation sei auf Seite 42 der Mineralogie verwiesen. Das Rotliegende tritt auf im Saar-Rheingebiet, im Schwarzwald, Thüringerwald, Harz, im Erzgebirge, Plauenschen Grund, in Mittelböhmen und in den Alpen; der Zechstein hauptsächlich in Thüringen.

Die mesozoische Zeit.

Ebensowenig wie man die Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche als plötzlich eintretende Katastrophen annehmen darf, kann man von scharfen Grenzen innerhalb zweier Perioden sprechen. Hier wie dort ein langsames Fortschreiten, ein Entwickeln. Und so geht auch die letzte Formation der paläozoischen Periode allmählich in die erste des mesozoischen Zeitalters über. Die mesozoische Periode liegt in der Mitte (messon) zwischen der paläozoischen und der känozoischen Zeit. Sie kennzeichnet sich zunächst dadurch, daß sich ihre Tier- und Pflanzenwelt von der paläozoischen erheblich weiter entfernt als von der känozoischen. Ein Teil der Arten stirbt aus, eine größere Reihe von Tieren bleibt erhalten, eine erhebliche Anzahl höherer Formen kommt hinzu. Das Gesamtbild wird mannigfaltiger in Tier- und Pflanzenwelt. Unter den Stachelhäutern treten die Krinoiden zurück, ihre Stelle füllen die Seeigel aus. Die Brachiopoden und Nautiliden werden durch Ammoniten und Belemniten verdrängt; die Knorpelfische werden durch die Knochenfische ergänzt. Zu einer ganz besonderen Entfaltung gelangen die Reptilien. Außerdem treten die ersten Vögel und Säugetiere auf.

Die Flora wird durch Koniferen, Dikotyledonen und Laubhölzer abwechslungsreicher.

In petrographischer Hinsicht überwiegen Kalk- und Sandsteine und Tone; hingegen treten Grauwacken und Schiefer zurück. Vulkanische Ausbrüche sind ganz selten, so daß Eruptivgesteine demnach kaum in Betracht kommen. Deshalb ist auch die Lagerung im allgemeinen wenig gestört. Nur in den Alpen sind Brüche und Verwerfungen zu verzeichnen.

Die mesozoische Formation zerfällt in drei Hauptgruppen, nämlich:

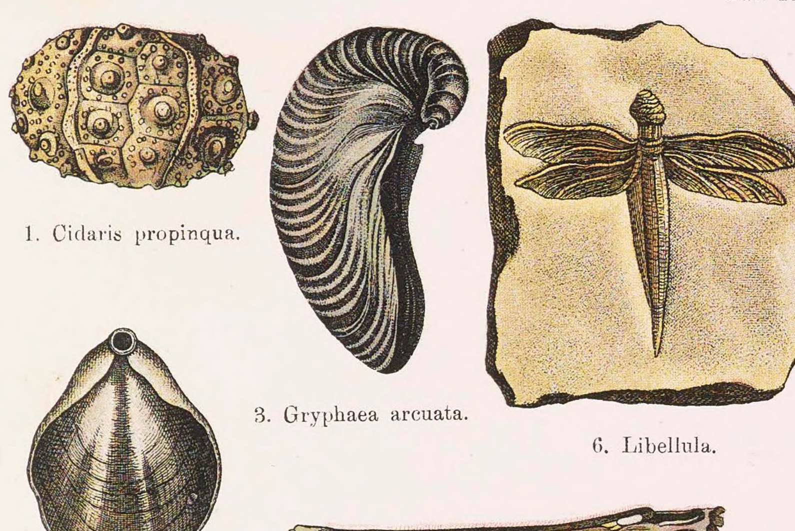
1. in die Trias (Trias = Dreiheit und zwar Bundsandstein, Muschelkalk und Keuper);
2. in den Jura (schwarzer Jura oder Lias, dunkle Schiefer und Kalke, brauner Jura oder Dogger, eisenschüssige Sandsteine, weißer Jura oder Malm, helle Kalke);
3. in die Kreide (untere und obere Kreide).

Wasser und Land sind auch in dieser Periode verschieden verteilt. In der Triaszeit war wohl das Inland ein flaches Küstenland, das mitunter von seichten Meeren oder, wie das am Ausgang der Formation der Fall war, von größeren abflußlosen Binnenseen bedeckt wurde. Nur in dem Gebiete der heutigen Alpen stand ein tiefes Meer (Taf. 18).

Eine neue Ueberflutung der deutschen Triasprovinz erfolgte in der Jurazeit; wahrscheinlich wurde ganz Deutschland und ein großer Teil von England und Frankreich von einem großen Jurameere bedeckt. Auch in der Kreidezeit überwiegen noch die marinen Ablagerungen; daneben treten auch terrestrische und solche aus Brackwässern auf. Bemerkenswert ist, daß sich bereits im Jura klimatische Unterschiede zeigen, und zwar beweist uns das die verschieden gestaltete Tierwelt der nördlichen und südlichen Meere.

Die Tierwelt der mesozoischen Zeit.

Unter den **Urtieren** ragen besonders die Foraminiferen hervor (Jura), und zwar ist ihr Auftreten so massenhaft wie in keiner der bis jetzt genannten Formationen. Aber auch Schwämme und Korallen sind in großen Mengen vorhanden. Hornschwämme lassen sich allerdings fossil nicht nachweisen, dagegen Kalk- und Kieselschwämme. Bekannte **Stachelhäuter** sind die Pentakrinen und Seeigel. Wenn auch die Krenoiden an Artenzahl zurückgegangen sind, so ist eine Zunahme der Individuen unverkennbar. Ueber die Größenverhältnisse von Pentakrinus gibt uns ein in



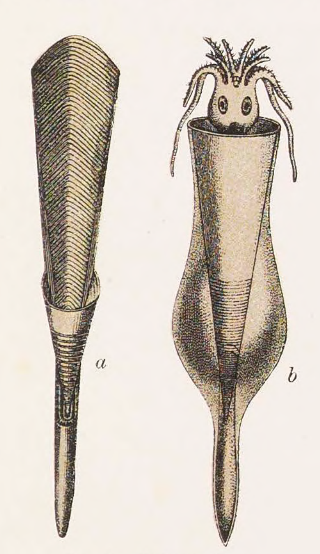
1. Cidaris propinqua.

3. Gryphaea arcuata.

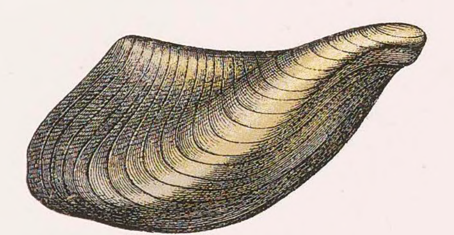
6. Libellula.

2. Terebratula vulgaris.

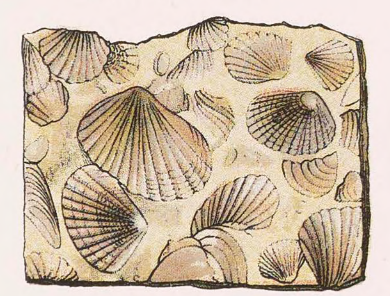
7. Kopf des Teleosaurus oder Mystriosaurus.



5a, b. Belemniten.
a. Vollständiger Belemnit, Kegel und Schulp. b. Idealer Belemnit.



4. Gervillia socialis.



8. Myophoria costata Zenk.



Schwaben aufgefundenes Exemplar Aufschluß, das bei einer Länge von 17 m 1 m Durchmesser zeigt.

Die Seeigel der Juraformation haben gewöhnlich 20 Plattenreihen und sind im übrigen unsern gegenwärtigen Formen ähnlich (Taf. 19,1).

Unter den an Artenzahl bedeutend zurückgegangenen **Brachiopoden** fällt durch massenhaftes Auftreten Terebratula vulgaris auf (Taf. 19,2). Die Zahl der Mollusken und Schnecken nimmt zu, viele Arten dienen als Leitmuscheln, wie z. B. Gryphaea arcuata (Taf. 19,3), den Austern nahestehend (Jura), Gervillia socialis (Taf. 19,4; Muschelkalk) usw. Aehnlich wie Nautilus sind die bereits im Devon auftauchenden **Ammoniten** spiralig eingerollt und haben außerdem mit der Schale dieses Tieres noch verschiedene andre Eigentümlichkeiten gemein. Der dünne, meist verkalkte Siphon liegt hart an der Außenseite, die Kammerscheidewände sind nach der Mündung zu konvex. Wichtig für die Bestimmung der Ammoniten ist die Gestalt der Nahtlinie oder Sutur, d. i. eine Linie, in der die Scheidewände an die Schalenwand stoßen. Man nennt die gegen vorne gerichteten Biegungen Sättel, die nach hinten gerichteten Loben.

Als treue Begleiter der Ammoniten finden sich die **Belemniten** (Taf. 19,5 a, b). Sie sind Tintenfische und haben keine äußere Schale, dagegen ein inneres Gerüst. Hinsichtlich der Kammerung stimmen sie mit den Ammoniten überein, auch ein Siphon ist vorhanden. Von der ausgestorbenen Tierart ist uns nur das Gerüst erhalten geblieben, wenngleich es in den Solnhofer Schiefern auch nicht an Abdrücken fehlt. Die häufig vorkommenden sog. Donnerkeile, Teufelsfinger, sind nur der hintere Teil des Gerüstes, der als Stütze verwendet wurde, und haben mit dem sog. Rückenschulp unsrer Tintenfische nichts gemein. Die innerlich liegende Kalkschale bestand aus drei Teilen, aus der gekammerten Schale mit Scheidewänden, dem Schulp und dem Schnabel (Donnerkeil, der häufigste Ueberrest, bis zu 1 m lang). Von **Gliedertieren** treten vereinzelt Krebse, Käfer, sehr oft auch Libellen auf (Solnhofen, Taf. 19,6). Unter den Fischen sind in der Trias die haiartigen Tiere vorherrschend, im Jura mehrt sich die Zahl der Fische mit gleichlappiger Schwanzflosse. Erst in der Kreide treten wirkliche Knochenfische auf, also diejenigen Arten, zu denen gegenwärtig $^{9}/_{10}$ aller Fische gehören.

Im Bundsandstein finden sich Ueberreste von **Amphibien**, besonders von Labyrinthodonten, wie z. B. Mastodonsaurus und Chirotherium. Der etwa 65 cm lange, dreiseitige Schädel von

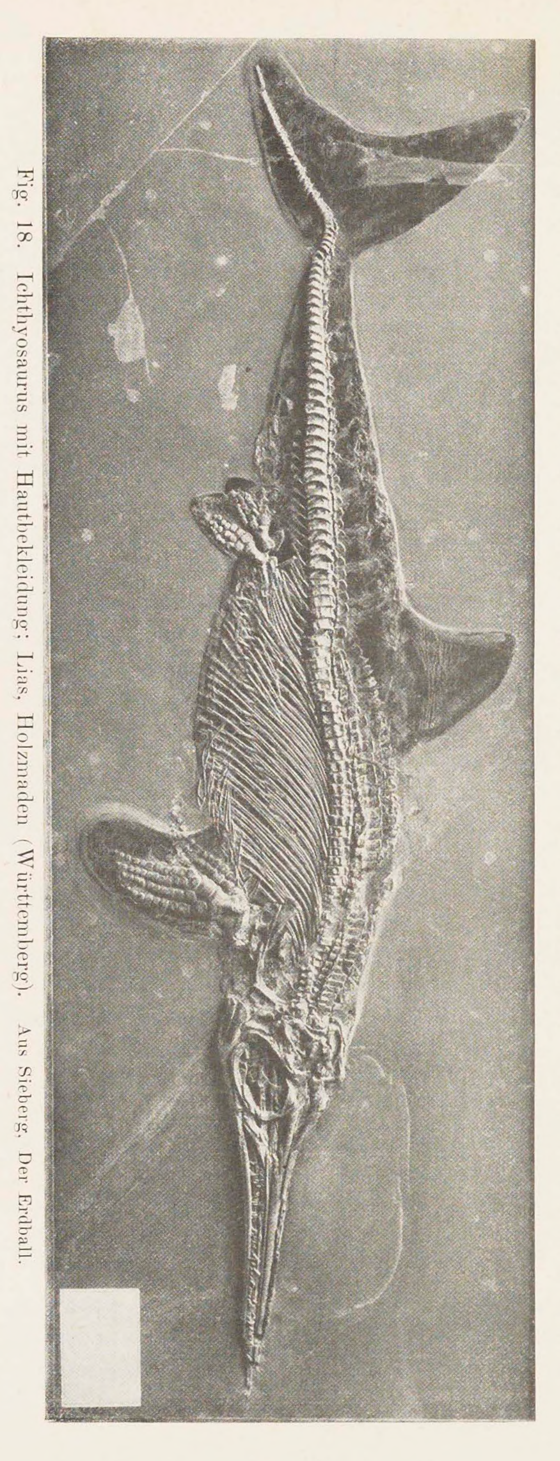
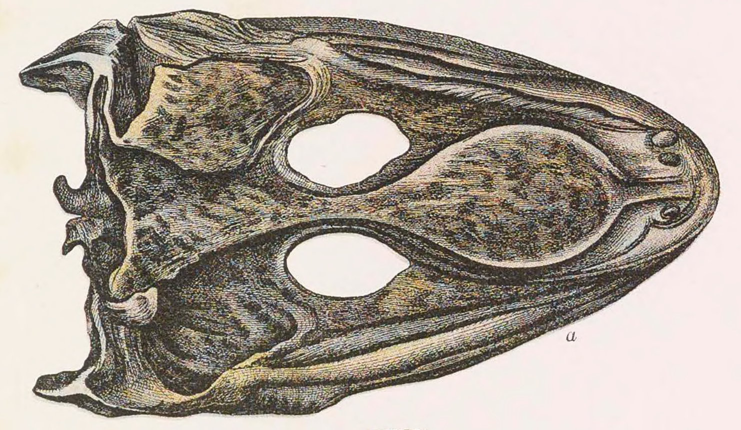


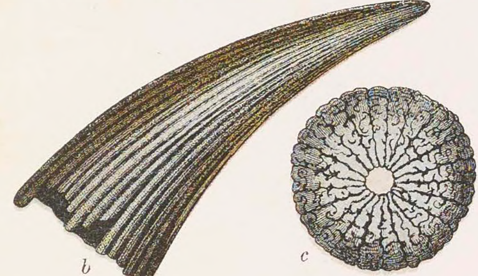
Fig. 18. Ichthyosaurus mit Hautbekleidung; Lias, Holzmaden (Württemberg). Aus Sieberg, Der Erdball.

Mastodonsaurus Jaegeri (Taf. 20, 1a—c) hatte am Hinterkopfe zwei starke Gelenkhöcker, wie sie heute noch bei den Amphibien und Säugetieren vorkommen. Den Namen haben diese im übrigen gepanzerten Tiere von der eigenartigen, labyrinthisch verschlungenen Faltung der Zähne im Innern. An der Außenseite zeigt sich eine Längsstreifung. Taf. 20,1a zeigt uns den Schädel, den Zahn von außen (1b) und im Querschnitt (1c) (Zahnlänge 8 cm).

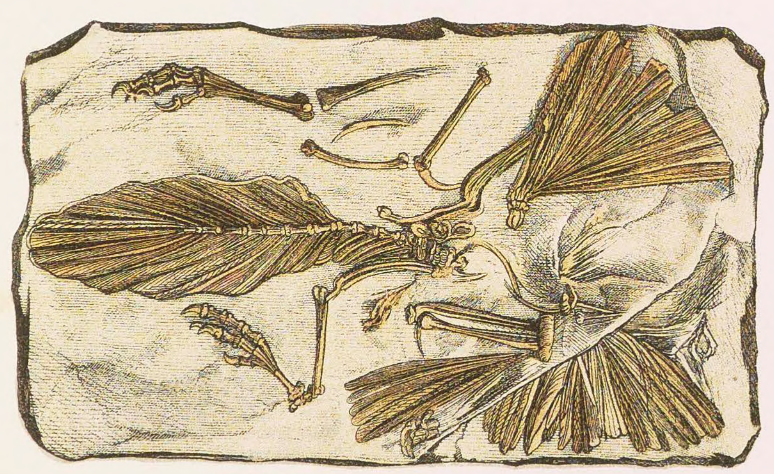
Von einem andern Amphibium (Chirotherium) sind uns die riesigen Fußspuren erhalten geblieben. Im Jura ist der vollständige Mangel an Amphibien auffallend.

Ein ganz eigentümliches Gepräge erhält die Tierwelt durch das Auftreten zahlreicher riesenhafter **Reptilien**, der sog. Saurier, deren Blütezeit in die Juraperiode fällt. Da ist vor allem der Ichthyosaurus (Fig. 18)

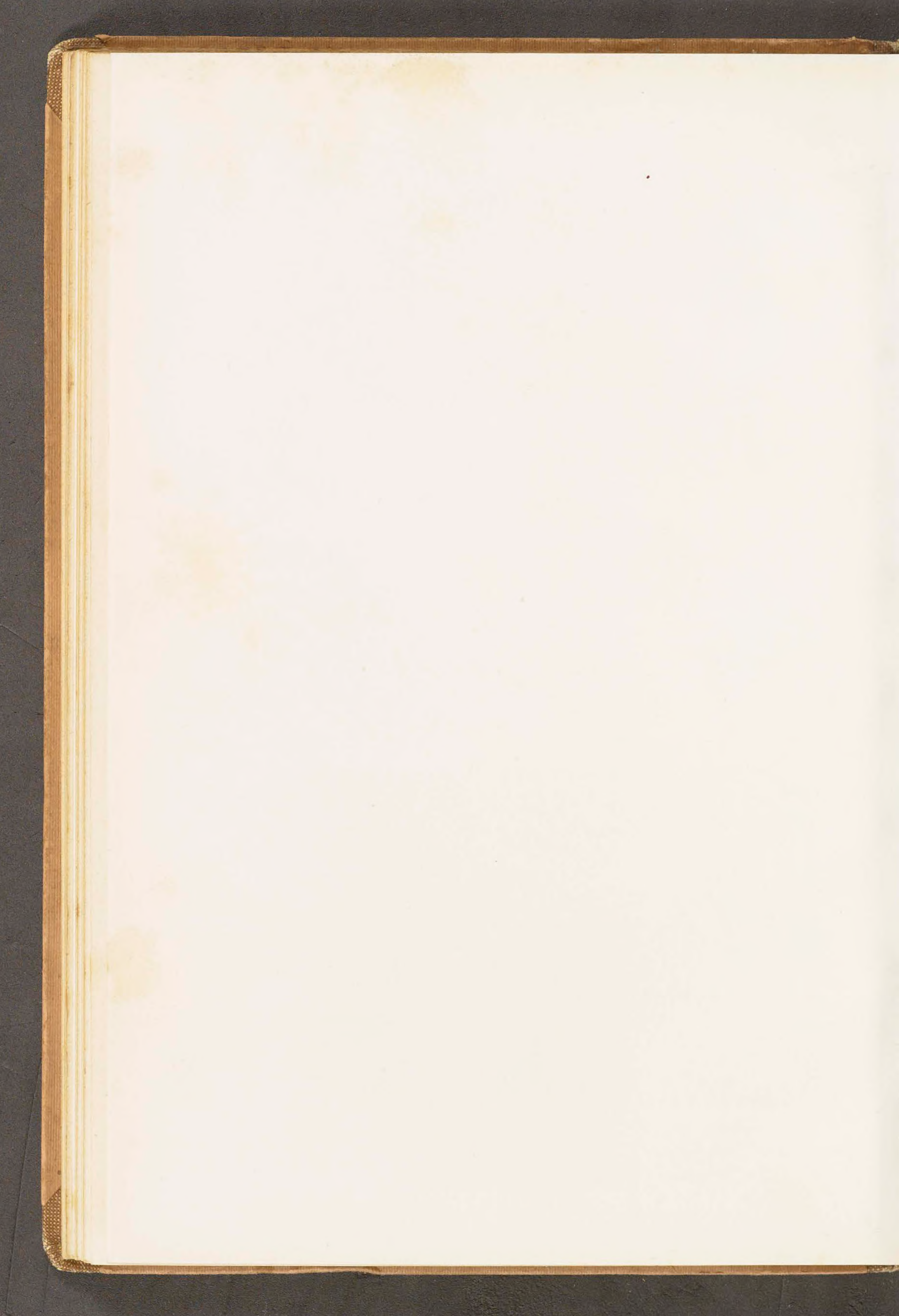




1a. Schädel des Mastodonsaurus Jaegeri.
b. Zahn von außen gesehen.
c. ,, im Querschnitt.



2. Archaeopteryx lithographica.



(häufig in Franken und Schwaben) zu erwähnen, einer der verbreitetsten Meeressaurier, über dessen Aussehen und Lebensweise wir durch die zahlreichen Ueberreste gut unterrichtet sind. Das fast 10 m lange Tier hatte ungefähr die Gestalt eines Delphins. Der große Schädel spitzte sich in eine lange Schnauze zu, in der eine Reihe gestreifter Zähne saßen, die Augen lagen weit zurück und waren ungewöhnlich groß, der Hals kurz und stark. Wie bei den Fischen waren die ca. 150 Wirbel bikonkav. Den Rücken entlang lief eine größere Flosse, und für die Fortbewegung sorgten vier getäfelte Ruderflossen und eine zweilappige Schwanzflosse. Aus den versteinerten Exkrementen des gefräßigen Räubers kann man erkennen, daß Tintenfische, Fische und Reptilien seine Nahrung bildeten.

Andere weit verbreitete Saurier waren der Plesiosaurus mit langem Hals und kleinem Kopf und der krokodilähnliche Teleosaurus (Taf. 19,7).

Außer diesen dem Wasserleben angepaßten Reptilien gab es auch eine große Zahl riesenhafter Landwesen, die eine gewisse Aehnlichkeit mit unsern Krokodilen hatten und zwar mit dem Gavial. Auch diese hatten noch bikonkave Wirbel. Megalosaurus war 15 m lang, Iguanodon, ein Pflanzenfresser hatte 9 m Länge und 5 m Höhe in aufrechter Stellung. In Amerika finden wir die Riesengestalt des Brontosaurus, eines 30 m langen Vierfüßlers. Die Eidechsen und Schildkröten aus jener Zeit ähneln bereits denen der Gegenwart.

In der Zeit, wo Ichthyosaurus und Plesiosaurus in starkem Abnehmen begriffen sind, erreicht die Entwicklung der **Flugsaurier** ihren Höhepunkt. Pterodactylus, im Solnhofer Schiefer vollständig erhalten, spannte mit dem außerordentlich langen vierten Finger der Arme links und rechts am Vorderkörper eine Flughaut aus. Das etwa 30 cm lange Tier war vollständig bezahnt und hatte spitze Fangzähne.

Die Flugsaurier bilden den Uebergang zu den eigentlichen Vögeln, von welchen man bisher in den Solnhofer Schiefern zwei Exemplare aufgefunden hat (Jura). Es ist das der Archaeopteryx (Taf. 20,2); ein Tier von Taubengröße, einem kleinen Kopf und Kletterfüßen. Von den Vögeln der Gegenwart unterscheidet er sich durch die bikonkaven Wirbel, die Bauchrippen und den Eidechsenschwanz. An den 20 Wirbeln des letzteren saßen 20 Paar Federn gleichmäßig verteilt in zweiteiliger Ordnung.

Säugetiere sind uns nur in dürftigen Resten erhalten geblieben, und zwar gehören sie insekten-, fleisch- und pflanzenfressenden Raubtieren an (Jura und Kreide).

Gesteine und Erze der mesozoischen Zeit.

Die Triasformation setzt mit der Buntsandsteinbildung ein. Es handelt sich um einen gleichmäßig gekörnten, weißlichen oder roten, durch Eisengehalt gefärbten Stein, der sich als Baumaterial besonders gut eignet (Heidelberger Schloß). Außerdem bilden sich in dieser Formation durch Vorrücken des Meeres Schieferletten, Ton, Mergel, Gips und Steinsalz (Braunschweig, Hannover, Berchtesgaden, Hallein). Mächtige, von Gips begleitete Salzstöcke entstehen im Muschelkalk (Friedrichshall). Diese Formation ist an Versteinerungen ungleich reicher als die vorhergehende. Neben Myophorien (Taf. 19,8) wirken Krinoiden und Terebratula felsbildend, und zwar sind diese Tiere massenweise von Süden her eingewandert.

Im Keuper (der Name stammt aus dem Fränkischen) werden Sandstein, Kalk, Mergel, Dolomit, Gips und Steinsalz abgelagert.

Palmenfarn und Nadelhölzer bildet die sogenannten Lettenkohle (eisenoxydreiche Tonbeimengung nebst Schwefel machen sie zum Gebrauch ungeeignet). Die Juraformation trägt ihren Namen von der mächtigen Gebirgskette, welche von der Schweiz bis zum Fichtelgebirge zieht. Es handelt sich um Kalksteine, Mergel, Sandsteine, Schiefertone, Dolomite, Konglomerate, Breccien, Oolithe oder Rogensteinbildungen. (Der Kalk besteht aus feinen und schaligen Körnern.) Der Name „Kreideformation“ ist nicht glücklich gewählt; denn der weiße, erdige Kalk, den wir Schreibkreide nennen, (Rügen) ist nur ein verschwindender Bruchteil gegenüber den Tonen, Mergeln verschiedenen grauen und schwarzen Kalken und Sandsteinen (Grünsandsteine), woraus die Formation besteht. Reine Kreide, aus feinen Teilchen von Kalk (mikroskopischen Foraminiferen) bestehend, findet sich in den oberen Schichten und ist das Muttergestein der Feuersteine. Charakteristisch für die Formation ist die Bildung von Quadersandsteinen, wofür die Sächsische Schweiz ein klassisches Beispiel bietet. Während der Kreidezeit ging von dem damaligen böhmischen Binnenmeer ein Arm in der Richtung der heutigen Elbe und lagerte die Quadersandsteine ab, worauf später die Durchschneidung der Schichten durch die Elbe erfolgte (Taf. 21,1).

Erze. Auch das mesozoische Zeitalter ist reich an Erzen. In der Trias haben wir die Bleiglanzablagerungen von Kommern und Saarbrücken, die Kupfererze im Schwarzwald, die Blei-, Zink- und Eisenlagerstätten von Beuthen und Tarnowitz und die Quecksilbererze von Idria in Krain.

Jura und Kreide liefern bedeutende Ablagerungen von Toneisenstein und oolithischen Eisenerzen (Württemberg, Lothringen, Luxemburg, Oberschlesien).

Geographische Verbreitung. Die Trias ist hauptsächlich eine deutsche Formation und läßt vier große Gebiete, das norddeutsche, das fränkisch-schwäbische, das elsaß-lothringische und oberschlesische unterscheiden. Kleine Inseln finden sich z. B. bei Berlin, auf Helgoland usw. Die alpine Trias wurde häufig von Eruptivgesteinen, Granit, Syenit (Porphyr) durchbrochen.

Zu den Formationen des Jura gehören innerhalb Deutschlands das fränkisch-schwäbische (Jura), das nordwestliche und das oberschlesische Verbreitungsgebiet. In Norddeutschland tritt der Jura an der Weserkette auf, ferner bei Kassel, Göttingen, Gotha und in den Höhenzügen von Hildesheim bis Goslar; isoliert kommt er an der Odermündung und in Pommern vor. Von anderen außerdeutschen Ablagerungen ragen durch ihre Ausdehnung hervor die alpinen Gebiete (Kalkalpen mit mächtigen Gipfeln) England, Frankreich, Oesterreich (Karpathen), Rußland.

Eine sehr große Verbreitung hat die Kreide in Deutschland. Freilich tritt sie in Norddeutschland nur selten aus den mächtigen Ablagerungen des Tertiärs und Diluviums zutage (Lüneburg, Kreidefelsen Rügen, Wollin); aber sie ist unter der ganzen Decke vorhanden. Als Hauptgebiete sind zu nennen: das Kreidegebiet von Mastricht und Aachen, jenes von Westfalen und dem Teutoburger Walde, das Gebiet des nordwestlichen Deutschland, (Bildung von sog. Wälderkohlen aus Farnen und Nadelhölzern im Deister), die baltische Kreide und das Gebiet des mitteldeutschen und mährischen Quaders.

Mächtige Kreideablagerungen treten ferner auf in den Nord- und östlichen Südalpen (Istrien, Dalmatien), in England und Frankreich (Seine, Garonne und Rhone).

Die känozoische Zeit.

Das Kreidemeer bedeckte große Flächen der heutigen Kontinente und schnitt in das aus dem Wasser ragende Land tiefe Buchten ein. Meeresarme teilten es in größere und kleinere Inseln. Mit dem känozoischen Zeitalter aber begann das Land sich zu heben. Große bisher vom Meere bedeckte Strecken wurden bloßgelegt, Inseln tauchten auf und trennten, indem sie durch dazwischenliegende Tiefebenen verbunden wurden, ehemals zusammenhängende Meere. Von Südfrankreich her erstreckte sich über Schwaben, das südliche Bayern, Oesterreich-Ungarn, Südrußland bis hinein nach Westasien ein Mittelmeer. Noch entbehrten die Festländer der höheren Gebirge. Das Innere des Landes aber war noch reich an Seen und Sümpfen, an den Küsten zeigten sich vielfach seichte Buchten (Pariser Becken, Mainzer und Wiener Becken). In den

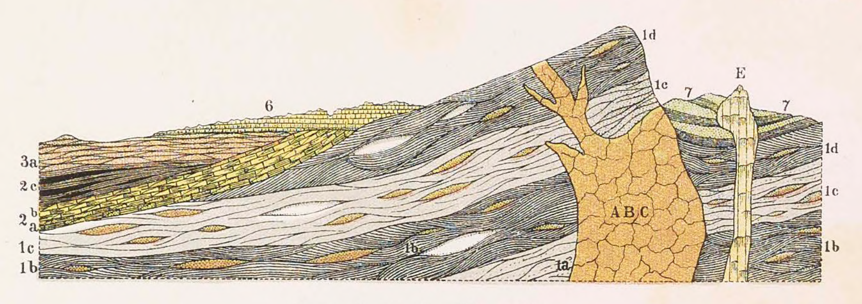
nordeuropäischen Küsten wechseln Hebungen und Senkungen ab und hinterlassen marine — brackische — und Süßwasserablagerungen. Allmählich setzt die Gebirgsbildung ein. Landschaften, die im mesozoischen Zeitalter unter dem Meeresspiegel lagen, werden durch einen ungeheuren Faltungsprozeß zu hohen Gebirgen aufgetürmt; es entstehen unsre Alpen, die Apenninen, die Pyrenäen, Karpathen, Kordilleren, der Himalaja u. a.

Taf. 21,2 gibt uns einen idealen Querschnitt durch die Dolomiten. Wohl kein Teil der Alpen zeigt eine derartige Schroffheit und wilde Zerrissenheit, so viel an phantastischen Spitzen, Zacken und Mauern wie dieser; er bietet aber auch der Tätigkeit des Wassers so zahlreiche Angriffspunkte, wie kein anderer. Reiche Ueberreste von Tieren, insbesondere von Muscheln, die im tiefen mesozoischen Meere lebten und starben und ihre Kalkschalen am Grunde anhäuften, finden sich jetzt noch auf Gipfeln, die in die Wolken ragen. Solch mächtige Faltungen, namentlich wenn es sich um so sprödes Gestein wie Kalk handelt, konnten nicht ohne Verwerfungen und Knickungen zustande kommen.

Unter den Senkungen ist vor allem die rheinische Grabensenkung von Bedeutung (Taf. 21,3), sowie der Steilabfall des Erzgebirges und der Alpen (S. 26). Schwarzwald und Vogesen waren ursprünglich eine einheitliche, von den verschiedenen Ablagerungen der mesozoischen Zeit bedeckte Masse. Die heutige Rheinebene ist nichts andres als das in die Tiefe gegangene Mittelstück.

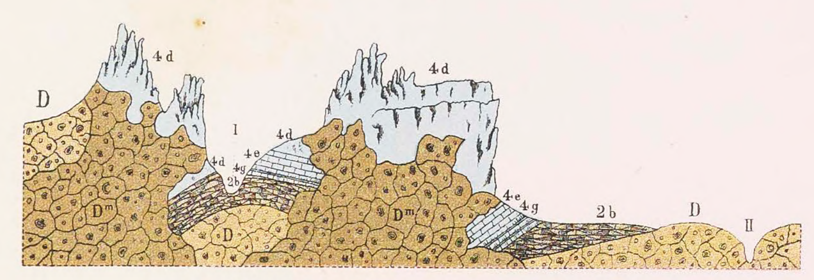
Massenhafte Vulkanausbrüche, und zwar handelt es sich um sog. jungvulkanische Gesteine wie Basalte, Phonolithe und Trachyte folgten solchen Brüchen. In dieser Periode entstanden die Eifel, das Vulkangebiet des Laacher Sees, das Siebengebirge, der Westerwald, das Vogelsgebirge, der Meißner, der Habichtswald, die Rhön, das Böhmische Mittelgebirge und in der Lausitz die Landeskrone und der Löbauer Berg, der Katzenbuckel im Odenwald, der Kaiserstuhl bei Freiburg und zahlreiche Berge in der Schwäbischen Alb. Die bekannten Thermen und Säuerlinge Nordböhmens sind die letzten Nachwirkungen der dortigen Vulkanausbrüche. Auf diese Weise wurde die Erdoberfläche so umgestaltet, wie wir sie jetzt sehen.

An der Versenkung sowohl wie an den Gipfeln arbeitete die Denudation und zwar am stärksten an den Teilen, die am wenigsten eingesunken waren. Hier ging die Entblößung bis auf die kristallinischen Gesteine, dort bis zum Jura, ja an solchen Teilen, die weniger tief versenkt wurden, bis zum Buntsandstein.



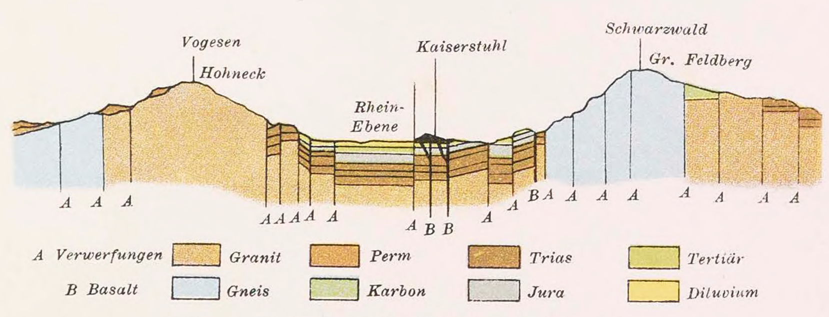
1. Querschnitt des Erzgebirges.

1a—d. Kristallinische Schiefer. 2a, b. Grauwacke. 2c. Steinkohle. 3a. Rotliegendes. 6. Quadersandstein (Kreideformation). 7. Tertiärformation. ABC. Granite und Porphyr. E. Basalt (des böhmischen Mittelgebirges).



2. Querschnitt des Fassatals in Südtirol.

2b. Alter roter Sandstein (Grauwackenformation). 4 d. Dolomit, rhät. Formation (Keuper). 4 e. Geschichteter Kalkstein, rhät. Formation (Keuper). 4 g. Gips. D. Schwarzer (Melaphyr) und roter Porphyr. I. Fassatal. II. Eisacktal.



3. Querschnitt des Rheintals bei Freiburg i. B.



Die kolossalen Erhebungen im Innern der Kontinente und die veränderten Abdachungen gegen die Küsten hin mußten auch den Flußläufen neue Richtung geben.

Anfänglich fast tropisch, sank die Temperatur fortgesetzt, so daß in der Mitte der Tertiärzeit etwa unser gegenwärtiges Klima auftrat. Eine auffallende Abnahme der Temperatur verbunden mit großen Niederschlägen, trat gegen Ende der Tertiärzeit ein. Solche Veränderungen, die riesige Zeiträume in Anspruch nahmen, hatten tiefeingreifende Umgestaltungen im Tier- und Pflanzenleben zur Folge. Neue Arten entstanden und vergingen. In der Pflanzenwelt entfalten sich jetzt die Dikotyledonen. Die Zahl der Laubhölzer ist eine unverhältnismäßig größere als die der Nadelbäume. Die Geschlechter der Ammoniten, Belemniten, Brachiopoden, Seelilien und Kieselschwämme verschwinden vollständig oder werden auf ein Minimum beschränkt. Unter den Wirbeltieren ist ein auffallender Rückgang der Reptilien zu verzeichnen, nur Eidechsen, Schlangen, Krokodile und Schildkröten sind noch vorhanden. Auch die Stegocephalen existieren nicht mehr, an ihre Stelle sind Frösche und Salamander getreten. Die Ganoidfische sind sehr zurückgegangen, um so zahlreicher sind Knorpel- und vor allem Knochenfische geworden.

Dagegen entfaltet sich ein großer Artenreichtum unter Vögeln und Säugetieren.

Gesteine und Erze der känozoischen Zeit.

Der Eruptivgesteine wurde bereits Erwähnung getan. Nur in den selteneren Fällen kommen geschichtete Gesteine vor, dagegen ist die Formation reich an Ablagerungen aus seichten Meeresbecken und Binnengewässern wie an plastischen Tonen, losen Sanden, lockeren Kalken, Löß- und Lehmablagerungen. In die känozoische Zeit fällt auch die Bildung der mächtigen Salzlager von Galizien (Wieliczka) und Siebenbürgen (Marmarasch) und die Entstehung der Braunkohlen — und zwar beherbergen die älteren Bildungen eine noch tropische Pflanzenwelt wie Lorbeer und Palme — in Deutschland und Oesterreich, z. B. bei Halle, in Thüringen, Hessen, in der Ober- und Niederlausitz und namentlich in Nordböhmen. Während sich die Bildung der Braunkohlen noch das ganze Zeitalter hindurch erstreckt, gehört der Torfbildungsprozeß der jüngsten Periode an. Für die Gegenwart sind ferner charakteristisch die

Bildung von Dünen, Korallenbauten, Sandbänken, Barren, Marschen, Deltas usw., die Gipsbildungen von Montmartre in Paris, der Nummulitenkalk der Alpen, die Bernsteinablagerungen von Samland, die Schwefelablagerungen von Sizilien.

Erze. Von Bedeutung sind die tertiären Bohnerze (Jura) und die tonigen Sphärosiderite.

Beide sind abbaufähig; ebenso die gegenwärtig sich bildenden Raseneisensteinlager (Lauchkammer in der Niederlausitz). Ferner sind zu erwähnen die gold- und silberhaltigen Erze in Schemnitz und Kremnitz, die Seifenwerke in Indien und Brasilien (Edelmetalle und Edelsteine).

Das känozoische Zeitalter umfaßt die Tertiär- und Quartär-Formation. Letztere teilen wir wieder in das Diluvium (Eiszeit) und Alluvium (Gegenwart).

Die Tier- und Pflanzenwelt der Tertiärzeit.

Um diese Zeit treten merkwürdige Urtiere — die **Nummuliten** — auf. Es sind das riesenhafte Foraminiferen bis zu 60 mm Größe, mit linsenförmigen, aus zahlreichen Windungen bestehenden Gehäusen. Sie setzen ganze Schichtensysteme zusammen und bilden den sog. Nummulitenkalk (Fig. 19). (Die Pyramiden der Aegypter bestehen aus Nummulitenkalk.) Unter den Pflanzentieren erlangen riffbauende Korallen große Bedeutung, unter den Stachelhäutern die Seeigel. Muscheln und Schnekken bilden fast die Hälfte aller in der Tertiärzeit lebenden Tiere; sehr zahlreich sind ferner die Insekten vertreten. Der Riesensalamander, dem heutigen japanischen Riesensalamander ähnlich, und eine mächtig große Schildkröte (5 bis 6 m lang) entstehen und sterben in der Tertiärzeit aus. Dasselbe trifft bei einer großen Anzahl von Vögeln, namentlich straußenartigen zu. Im allgemeinen nähern sich

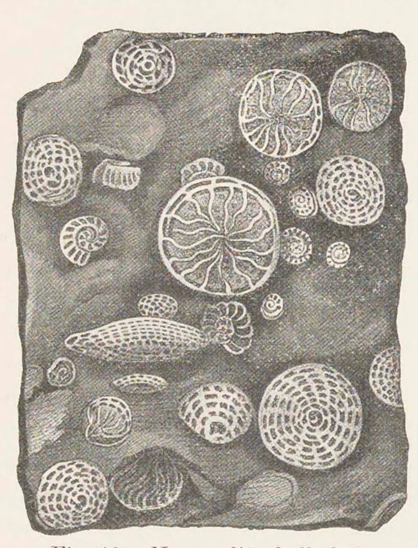


Fig. 19. Nummulitenkalkplatte.

die **Vögel** langsam den jetzigen Formen. Bemerkenswert ist, daß sich zu Beginn der Tertiärzeit in den Gewässern von Nördlingen und Mainz Knochen, Eier und Nester von Pelikanen und Flamingos

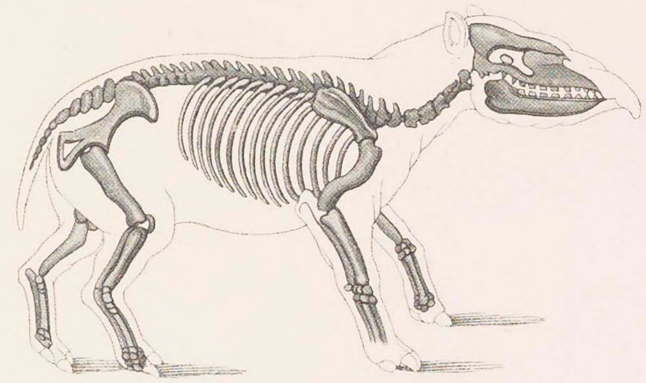


Fig. 20. Paläotherium magnum.

finden, in Frankreich entdeckte man sogar Reste von Papageien und Nashornvögeln, aus dem ersten Tertiär stammend.

Weitaus bedeutender als die Ueberreste von Vögeln sind diejenigen der **Säugetiere.** Eine große Mannigfaltigkeit von Fossilien dieser Klasse gibt uns sowohl über bereits ausgestorbene Geschlechter als auch über jetzt existierende und deren verwandtschaftliche Beziehungen zu früheren Auskunft.

Charakteristisch für das Tertiär sind das Megatherium, ein Riesenfaultier von 4 m Länge und 2 m Höhe, das Glyptodon, ein riesenhaftes Gürteltier und ganz besonders verschiedene Huftiere, welche als echte Mischtypen die Merkmale von verschiedenen Ordnungen in sich vereinigen.

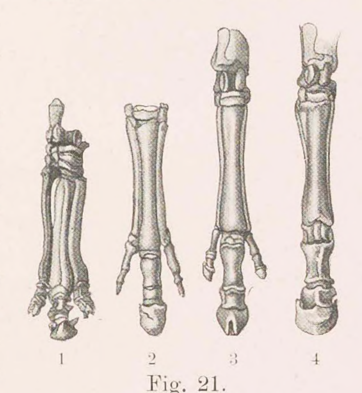


Fig. 21.
Hinterfuße von 1. Paläotherium; 2. Anchitherium; 3. Hippotherium; 4. Pferd.

Paläotherium (Fig. 20) zeigt mit Tapir, Rhinozeros und Pferd Aehnlichkeit, im Anoplotherium finden sich Eigenschaften von Dickhäutern, Wiederkäuern und vom Schwein. Paläotherium darf als die Stammform unsres europäischen Pferdes angesehen werden; es trägt drei starke Zehen, welche den Boden berühren (im Pariser Gips aufgefunden).

Bei Anchitherium waren die seitlichen Zehen schon beträchtlich kürzer; eine weitere Verkümmerung zeigen die Zehen von Hippotherium; beim Pferd sehen wir nur noch den Mittelfußknochen (Fig. 21).

Noch reicher ist die genealogische Reihe des amerikanischen Pferdes. Ebenso wie am Fuß können auch an den Backenzähnen die allmählichen Uebergänge nachgewiesen werden.

Außer Nilpferd, echten Hirschen, Giraffen, Kamelen, verschiedenen Horntieren sind noch zwei Vorfahren des Elefanten

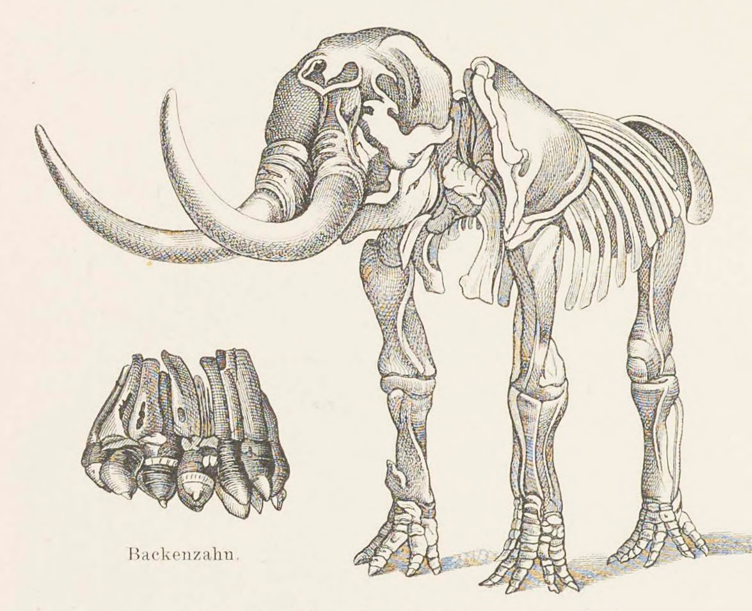


Fig. 22. Mastodon giganteum (Amerika).

hervorzuheben. Dinotherium giganteum, das Schreckenstier (in Deutschland verschiedentlich aufgefunden), mit zwei nach unten gerichteten Stoßzähnen und einer Höhe von etwa 4,50 m und das Mastodon (Fig. 22, europäische und amerikanische Arten). Auch an Vertretern der übrigen Ordnungen fehlte es nicht. Wale, Robben, Nager, Insektenfresser, Raubtiere, darunter gigantische Riesentiger, Fledermäuse, Halbaffen und Affen waren vorhanden. Eine besonders häufige Art scheint Mesopithecus pentelicus (den Schlankaffen verwandt) gewesen zu sein (Fig. 23). Ferner treten auch höher entwickelte Affen auf.

Die Frage, ob in der Tertiärzeit bereits Menschen existierten, ist vorderhand noch als ungelöst zu betrachten.

In der Pflanzenwelt treten tiefgreifende Aenderungen ein. Das warme Klima der älteren Tertiärzeit ließ in unsren Breiten Feigen-, Lorbeer- und Zimtbäume, Palmen und Mimosen gedeihen. Daneben fand sich aber auch schon die Eiche, der Ahorn, die Esche und der Walnußbaum. Mit der allmählich abnehmenden Temperatur

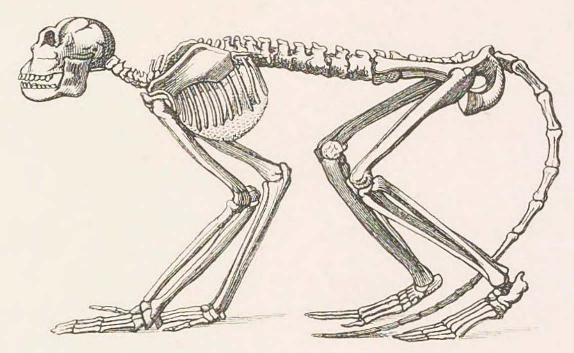


Fig. 23. Mesopithecus pentelicus.

starben die tropischen Gewächse aus, und es stellen sich taxus- und zypressenartige Nadelhölzer ein, die einen Hauptbestandteil der Braunkohlenlager ausmachen oder wie das Harz von Pinus succinifer (Bernsteinfichte) Bernstein liefern.

Geographisches. Außer den bereits erwähnten tertiären Ablagerungen sind noch zu nennen das Gebiet von den Alpen bis zur Donau und verschiedene zerstreutliegende Partien in Norddeutschland. In Oesterreich sind vor allem die Karpathen, die hohe Tatra und die Liptauer Alpen hervorzuheben.

Ein an wichtigen Tier- und Pflanzenresten reiches Becken in Deutschland ist das Mainzer Becken (von Basel bis zum Taunus). Ursprünglich ein Meeresbecken, wurde es allmählich ausgesüßt (Brackwasser), dann ein Süßwasserbecken und endlich trockenes Land (Wiener Becken).

Das Diluvium.

(Sintflut.)

Gegen Ausgang der Tertiärperiode trat ein großer bis jetzt noch nicht aufgeklärter Rückschlag in der Temperatur ein. Massenhafte Niederschläge erfolgten und gaben in den älteren Zeiten des

Diluviums zu jenen gewaltigen Eisbildungen Anlaß, die in der Geschichte der Erde einzig dastehen. Von vier großen Zentren, sog. Glazialgebilden, ergossen sich die Eismassen über Europa, nämlich von Skandinavien, England, den Alpen und dem Ural aus. Daneben sind noch Mittelgebirge mit eigenen Gletscherherden zu verzeichnen wie der Jura, der Schwarzwald, die Vogesen, der Taunus und Odenwald, (das Erzgebirge, der Böhmerwald), das Riesengebirge und die

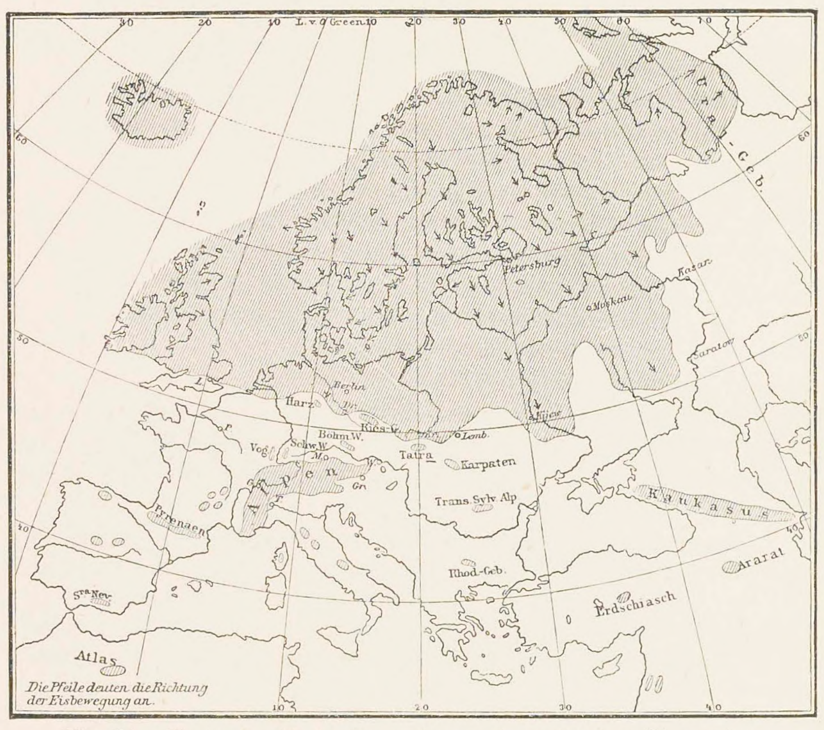


Fig. 24. Karte der Verbreitung des nordeuropäischen Binneneises. (Nach Penck.)

Tatra. Für uns haben zwei Gebiete, das skandinavische (Fig. 24) und das alpine, größere Bedeutung. Die Eismasse des erstgenannten Gebietes, die wohl in Schweden eine Mächtigkeit bis zu 2000 m erreichte und das nördliche Europa bedeckte, nahm in seiner größten Ausdehnung 6 Millionen qkm ein. Das Eis drang zum Harz und innerhalb unsres Vaterlandes zum Erzgebirge vor. Die Südgrenze lief von der Rheinmündung über Westfalen nach Hannover bis zum nördlichen Harz, bog, den Harz umschlingend, nach Thüringen, zog

quer durch Sachsen und dann die nordöstlichen Sudeten entlang. Solche ungeheure Eismassen, die im nördlichsten Deutschland noch eine Mächtigkeit von 1000 m, in der Harzgegend eine Dicke bis zu 400 m aufwiesen, mußten ungeheure Mengen Wärme absorbieren und durch ihr Wachstum die Temperatur fort und fort erniedrigen.

In den Alpen trat eine vollständige, 1500 m mächtige Vergletscherung ein; alle Täler waren von Eis erfüllt, nur die höchsten Gipfel mit Schnee und Firn gekrönt. Von den Gletscherherden strömten Gletscher nach allen Richtungen, die größten gegen Norden. Dort drangen sie, nachdem sie am Nordfuße der Alpen zu einer 70 km breiten Decke verschmolzen, in die schwäbisch-bayrische Hochebene vor und erfüllten die heutigen Seebecken bis auf den Grund mit Eis. In bezug auf ihre Ausdehnung ragen zwei Gletscher ganz besonders hervor, der Rhone- und Rheingletscher. Ersterer drang bis Lyon, letzterer bis Sigmaringen-Biberach vor.

Diese Eismassen kamen mindestens dreimal. (Für Deutschland hatte die zweite Eiszeit die größte Ausdehnung.) Die dazwischenliegende Zeit, in der die Gletscher zurückgingen, nennt man die „Zwischeneiszeiten“ oder Interglazialperioden.

Welches sind nun die Anhaltspunkte für das Auftreten der Eiszeit?

a) Zunächst sind es die untrüglichen Schrammen, Ritzlinien, Schliffflächen, die in Skandinavien an unzähligen Punkten, aber auch in Nord- und Mitteldeutschland (Sachsen) und in der schwäbisch-bayrischen Hochebene auftreten. Die Spuren, welche uns diese Eismassen hinterlassen haben, sind viel gewaltiger und deutlicher als jene der gegenwärtigen Gletscher.

b) Unter der Eisdecke wurde eine Grundmoräne gebildet, die wir als Geschiebelehm oder Geschiebemergel bezeichnen. Sie ist das Zerstörungsprodukt verschiedenartigster Gesteine (Granite, Diabase, Kalke usw.), die in Schweden ihre Heimat hatten und überall, wo wir sie in Norddeutschland antreffen, dieselbe Beschaffenheit aufweisen. Mitunter erreicht das Diluvium eine Mächtigkeit von 150 bis 200 m und bildet in Norddeutschland (Rußland) den Ackerboden.

Außer diesen Geschieben, worunter die Feuersteine von Rügen ganz besonders charakteristisch sind, finden sich die bekannten eratischen Blöcke (Findlingsblöcke), mit einem Durchmesser von 2—3 m, mitunter auch solche von 15 m Länge. Sie wurden mit den Eismassen nach Norddeutschland verschleppt. Ebenso haben die Alpenbäche große Blöcke transportiert.

c) Wenn die Gletscher auf einen lockeren Untergrund stießen (Ton, Sand), dann kam es zu Faltungen, Stauungen und Zerreißungen

der Schichten, Erscheinungen, die in Norddeutschland nicht selten sind (Fig. 25). Handelte es sich um widerstandsfähigeres Material, dann traten Brüche ein und Verschiebungen solcher Bruchstücke im Geschiebelehm.

d) In den diluvialen Sanden, Kiesen und Tonen sind Tier- und Pflanzenreste nachzuweisen, welche untrüglich aus nichtheimischem Boden stammen.

Beweise für die Interglazialzeiten sieht man in den Verwitterungserscheinungen, welche die älteren Geschiebeprodukte bis zum



Fig. 25. Faltung von Mergelschichten.

Eintritt neuer, von den Eismassen herbeigeschleppter, durchzumachen hatten, ferner in den Erosionen, welche die Moränenablagerungen erlitten und endlich aus den auf ein gemäßigteres Klima hinweisenden Tier- und Pflanzenresten.

Durch das Abschmelzen des Eises wurde von dem Wasser, das sich tiefe Furchen und Spalten aussuchte, fein geriebenes Material in tiefer liegende Gegenden gebracht. In den Flußebenen sowohl wie auch auf Höhenzügen kamen Lößablagerungen zustande.

Die Eiszeit brachte eine Reihe von Veränderungen der Erdoberfläche mit sich. Das Becken der Nordsee und des Kanals, beide vor der Eiszeit trockenes Land, erlitt eine Senkung. Großbritannien kam unter Wasser und wurde wieder gehoben. Auch die Ostsee war bei Beginn der Eiszeit noch Land.

Das oben erwähnte nordische Material, darunter der Geschiebedecksand (Sand mit größeren und kleineren Geschieben), formte jene maulwurfsähnlichen mit eratischen Blöcken überstreuten Hügel, welche heute das typische Bild der mit Teichen, Tümpeln und Mooren durchsetzten Moränenlandschaft in Ostpreußen, Pommern, Mecklenburg und Sachsen ergeben. Auch die zahlreichen Seen Norddeutschlands, großenteils Ausfüllungen abflußloser Vertiefungen sind ein Produkt der Eiszeit. Desgleichen sind die oberbayrischen Seen eiszeitlichen Ursprungs.

Die Schmelzwasser des zurückweichenden Inlandeises sammelten sich zu breiten Ablaßrinnen und bildeten die sogenannten Urstromtäler, die von unseren heutigen norddeutschen Flüssen teilweise noch benutzt werden. Den Gletschern parallel laufend, schlugen sie zunächst eine ostwestliche Rich-

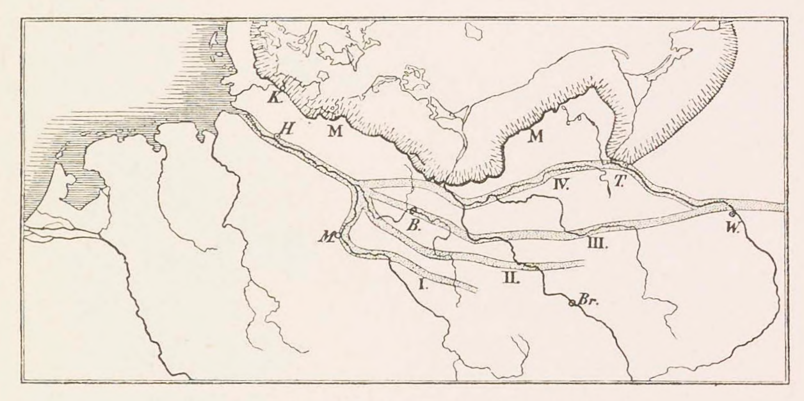


Fig. 26. Die norddeutschen Urstromtäler.
M baltische Endmoräne, I bis IV eiszeitliche Hauptströme: I von Görlitz-Wittenberg, II von Baruth, III von Warschau-Berlin, IV von Thorn-Eberswalde.
Aus Credner, Elemente der Geologie.

tung ein und lieferten die vom Norden sowie die vom Süden kommenden Gewässer (Weichsel, Oder und Elbe) an die Nordsee ab. Fig. 26 zeigt uns vier dieser Urstromtäler.

Die Eiszeit mußte von einschneidender Bedeutung für die damalige Pflanzenwelt sein. Solche Pflanzen, welche in den von Eis nicht betroffenen Stellen südlich vom Thüringerwald bis zur Donau wuchsen, konnten sich erhalten. Ihre nördlichen Schwestern erfroren. Mit abnehmender Temperatur stellte sich eine Tundrenflora von niederem Wuchs ein, die durch Zwergbirken, kleine Weiden, Eschen, Ried- und Wollgräser charakterisiert war. Zweifellos handelt es sich um eine Moorlandschaft mit zahlreichen Seen. Renntiere, Moschusochsen und ihre Feinde, der Vielfraß und Polarwolf, Eisfüchse, Lemminge, Schneehühner, Schneeeulen und Bussarde

waren in Mitteleuropa heimisch. In Sibirien (aber auch in Mitteleuropa) lebte in riesigen Herden das Mammut, ein langhaariges, über 3 m hohes Tier, über dessen Lebensweise wir wichtige Anhaltspunkte besitzen. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts und außerdem im Jahre 1901 wurde je ein fast vollständig erhaltenes, noch mit Haut bedecktes Exemplar aufgefunden und, was ganz besonders wertvoll war, es fanden sich sowohl zwischen den Zähnen als auch auf der Zunge noch Reste nordischer Pflanzen. Elefant und Rhinozeros, beide mit einem dichten wolligen Haarkleid versehen, also dem Klima an-

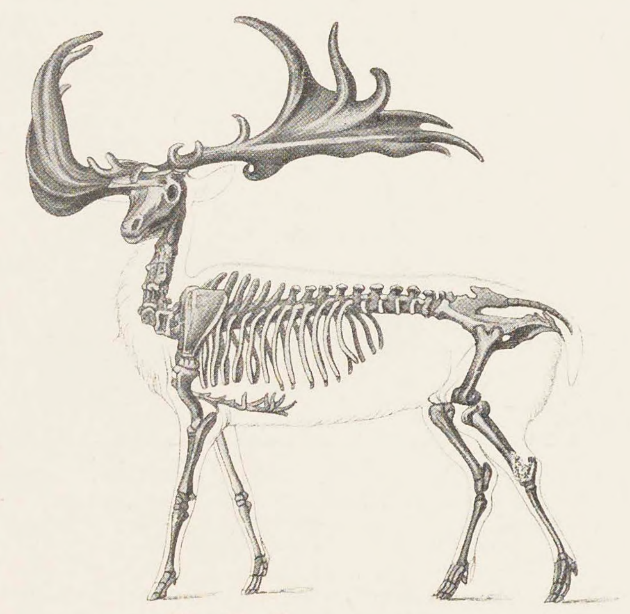


Fig. 27. Cervus megaceros.

gepaßt, verschiedene Rinder, der Höhlenbär, Hyänen, der Höhlenlöwe, Wiesente und Auerochsen waren Bewohner Mitteleuropas.

Das Klima wurde wärmer, es kamen heiße Sommer, aber auch kalte Winter. Mitteleuropa bekam das Gepräge einer Steppenlandschaft und war zum Teil von Gräsern, Lilien- und Doldengewächsen bedeckt. An den Urstromtälern wuchsen bereits Waldbäume. Von Sibirien und Rußland her wanderten durch Deutschland nach Frankreich und England, das zum Kontinent gehörte, Springmäuse, Ziesel, Hamster, Murmeltiere. Die Saigaantilope und der Wildesel lebten

in Rudeln. Es kamen der Fuchs, der Biber, der Hase, die Feldmaus und die Wasserratte, die Nebelkrähe und die Trappe zu uns, sowie der Tannenhäher und die verschiedenen Drosseln, Tiere, die zum Teil ausstarben, zum Teil sich unseren heutigen Verhältnissen anpaßten, zum Teil sich steppenähnliche Wohnbezirke wählten.

Mit dem regenreichen Klima, der zunehmenden Wärme und der Ausdehnung der Wälder ändert sich nach und nach der tierische Charakter. Zahlreiche Tiere, vor allem Reptilien, wandern aus dem Süden zu, in den Wäldern hausten Auerochs, Wiesent, Elch und Riesenhirsch (Cervus megaceros, Fig. 27) und so entsteht allmählich das Bild, wie wir es heute zu sehen gewohnt sind.

Die oben erwähnten Namen Höhlenbär, Höhlenlöwe rühren von dem Fundort der Knochen dieser Tiere her. Diese finden sich massenhaft in verschiedenen Höhlen Deutschlands (Gailenreuther Höhle im Fränkischen Jura, Hohlefels im Achtal in Schwaben u. a.)

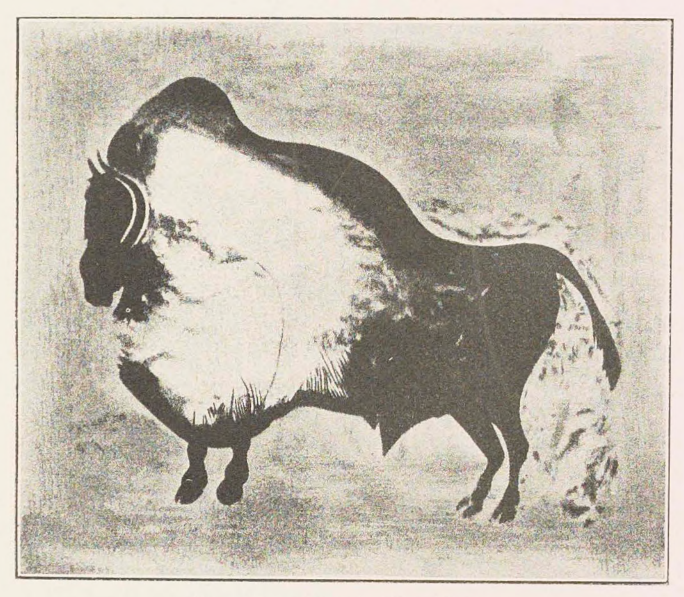


Fig. 28. Wisent (Bos bison).
Wandbild aus einer südfranzösischen Grotte. (Aus Natur und Schule).

und zwar in Lehm (Löß) eingebettet. Diese Knochen sind um so interessanter, als sie untrügliche Beweise für die Existenz des **Menschen** an sich tragen. Ob der Mensch schon in der Tertiärzeit existierte, ist fraglich, wohl aber haben wir Zeugnisse für den

Diluvialmenschen und zwar einmal von seinen Leibesüberresten (Neandertalmensch, Skelettfund im Tale der Vézère in Südfrankreich, Heidelberg) und von seinen Werkzeugen und Waffen. Von

Fig. 29. Horn- und Knochenschnitzereien des Magdalénien aus der Sammlung von Ed. Lartet.
1, 2 Wurfspießspitzen mit Widerhaken und spitzer Basis. 3 bis 5 Harpunenspitzen. 6, 7 Wurfspießspitzen mit gespaltener Basis. 8 Wurfspießspitze mit gewellten Blutrinnen (Bruniquel). 9 Kommandostab aus Renntiergeweih mit eingravierten Pferden (La Madeleine). 10, 11 Dolchgriffe aus Mammutelfenbein (Bruniquel), ein Renntier und ein Mammut darstellend. Nach Krantzschen Gipsabgüssen. Aus Sieberg, Der Erdball.

den grob zugehauenen Steinwerkzeugen der älteren Steinzeit bis zu den Werkzeugen, Waffen und sonstigen Gegenständen aus Knochen und Horn jüngerer Perioden in der Geschichte des

prähistorischen Menschen finden wir, daß der Mensch in aufsteigender Linie sich bewegte und vor allem das wilde Tier zu bewältigen verstand. Ja er besiegte den Feind mit dessen eigenen Knochen. Die Rippen der gewaltigen Höhlenbären spitzte er zu Pfeilen, die Unterkiefer gestaltete er zur Axt um. Die nomadisierenden Jäger des unteren Elsaß jagten das Wildpferd und Renntier, das Mammut und wie es scheint mit Vorliebe Mammutkälber (Schnittspuren und Brandmarken in den zahlreich nördlich von Straßburg aufgefundenen Knochen).

Außer verschiedenen Fortschritten auf dem Gebiete der Werkzeugbereitung tragen die Ueberreste aus der jungdiluvialen Steinzeit auch schon Spuren primitiver Kunstbetätigung. (Sorgfältig bearbeitete Feuersteinmesser, Zeichnungen auf Renntierhorn, Nadeln, Pfriemen usw. im Kessler Loch bei Schaffhausen.) Großes Aufsehen erregten die in Südfrankreich an den Wänden der Höhlen des Tales der Vézère aufgefundenen Zeichnungen diluvialer Tiere (eine Grotte weist 49 Wisentbilder und etwa 40 Pferdebilder auf), wovon manche mit Naturtreue farbig wiedergegeben sind (Fig. 28), sowie eine große Anzahl verschiedener Schnitzereien (Fig. 29).

Das Alluvium.

(Anschwemmung.)

Auch das diluviale Zeitalter muß als ein sehr ausgedehntes angesehen werden. Auf der von der Eiszeit vortrefflich vorbereiteten Bodenfläche entwickelte sich nicht ohne Abhängigkeit von den inzwischen veränderten klimatischen Verhältnissen unsre gegenwärtige Pflanzenwelt und von dieser und andern Faktoren abhängig — die Tierwelt. Die Veränderungen der Erdoberfläche sind nicht abgeschlossen. Vielmehr wirken noch heute dieselben Kräfte, die im Laufe unschätzbarer Zeiträume ihre Tätigkeit ausübten, umgestaltend auf sie ein.

Inhaltsübersicht der Tafeln.

Tafel 12.

Submariner Vulkanausbruch. Entstehung der Insel Ferdinandea bei Sizilien im Jahre 1831.

Tafel 13.

Maar in der Eifel.

Tafel 14.

Spalte am Monte Sant' Angelo in Kalabrien, entstanden beim Erdbeben im Jahre 1783.

Tafel 15.

1. Schicht. 2. Steilaufgerichtete Schicht. 3. Überlagerung. 4. Profil durch den Montblancstock. 5. Überschiebung von Kohlenkalk (K.) über Steinkohlenformation (S.). 6. Verwerfung.

Tafel 16.

1. Trilobit. 2. Graptolith. 3. Syringopora cancellata, aus dem oberen Silur. 4 a, b. Lingula Lewessi. 5 a—c. Siphonotreta unguiculata. 6 a, b. Durchschnitt der Schale des Nautilus pompilius. a Wohnkammer, b Luftkammer.

Tafel 17.

1. Coccosteus decipiens. 2 a—c. Archegosaurus Decheni. 3. Stammstück mit Blattnarben der Sigillaria elegans. 4. Fruchttragender Zweig einer Walchia.

Tafel 18.

Wahrscheinliche Ausdehnung der Festländer und Meere in verschiedenen geologischen Epochen.

Tafel 19.

1. Cidaris propinqua. 2. Terebratula vulgaris. 3. Gryphaea arcuata. 4. Gervillia socialis. 5 a, b. Belemniten. 6. Libellula. 7. Kopf des Teleosaurus oder Mystriosaurus. 8. Myophoria costata Zenk.

Tafel 20.

1 a—c. Schädel des Mastodonsaurus Jaegeri. 2. Archaeopteryx lithographica.

Tafel 21.

1. Querschnitt des Erzgebirges. 2. Querschnitt des Fassatals in Südtirol. 3. Querschnitt des Rheintales bei Freiburg i. B.

Alphabetisches Register.

(* bedeutet: Abbildung im Text.)

